

LES NOUVEAUX INSTITUTS UNIVERSITAIRES DU VAL BENOÎT ⁽¹⁾

par F. CAMPUS, Ingénieur A. I. Lg.
Professeur à l'Université de Liège

Selon certaines conceptions, les fonctions de l'architecte et de l'ingénieur sont totalement distinctes, sinon incompatibles. Le domaine de l'architecte se limiterait aux bâtiments et ses buts seraient le confort et la beauté. Celui de l'ingénieur comprendrait les ouvrages d'art et les voies de communication, ses principes seraient l'efficacité et la résistance. On voit bien cependant que ces deux champs d'action sont voisins. L'évolution et le développement des méthodes des deux professions ont multiplié leurs points de contact. L'architecte doit devenir quelque peu ingénieur et l'ingénieur ne doit pas ignorer l'architecture. Aussi les programmes des études universitaires des ingénieurs civils architectes et des ingénieurs civils des constructions comportent-ils un important fonds commun. Cependant, ils respectent les attributions spéciales des deux catégories, dont la fusion intégrale paraît ne pouvoir être qu'exceptionnelle, chez des individualités favorablement douées. C'est pourquoi l'ère de la collaboration de l'architecte et de l'ingénieur, qui est à ses débuts, ne sera vraisemblablement pas close de sitôt.

Il ne manque pas d'ouvrages d'art à Liège témoignant de l'avantage de cette collaboration; elle n'est pas moins utile et ne s'affirme pas moins dans la construction des grands bâtiments.

En prenant la parole après mon collègue M. A. Puters pour vous exposer la conception technique du nouvel Institut de Chimie et de Métallurgie au Val-Benoît, je tiens à souligner que l'esprit le plus confiant de collaboration n'a cessé de présider à nos travaux depuis l'époque où la Direction technique des travaux a été constituée, à la demande même de l'architecte, pour l'aider dans l'accomplissement de sa mission.

* * *

De même que la conception architecturale a été inspirée du désir d'apporter au problème posé une solution moderne adaptée aux circonstances et aux conditions imposées, de même la conception technique n'a eu recours à aucun palliatif, mais a été orientée vers une résolution directe, aussi adéquate et aussi satisfaisante que possible, des difficultés proposées. Il importait, en outre, pour un bâtiment universitaire érigé par les soins de l'Université, non seulement de se servir des meilleures méthodes, mais aussi de ne pas hésiter à innover et de s'écarter des formes stéréotypées, non pas par souci d'originalité, mais par souci de vérité technique et d'adaptation de la matière et du travail aux circonstances concrètes.

L'élément technique par excellence d'un grand bâtiment moderne est son ossature, véritable squelette de l'édifice, c'est-à-dire organe résistant, reportant les charges des étages sur la fondation et assurant aussi l'indéformabilité latérale. L'ossature

est, par certains points, analogue à l'ensemble formé par les longerons, les traverses et les contreventements d'un pont. Elle porte les planchers, analogues au tablier d'un pont et qui jouent, comme pour les ponts, un rôle essentiel de contreventement et d'indéformabilité. C'est cet ensemble résistant, véritable construction d'ingénieur, que l'architecte habille, j'allais dire masque, car en général l'habillage ne laisse plus rien subsister du caractère de l'ossature. L'ossature a cependant apporté des modifications à l'aspect traditionnel des façades, notamment l'accroissement de la surface totale des baies. La simplification du décor, si elle n'en procède pas uniquement, a sans doute subi quelque influence de l'ossature. L'habillage du squelette possède en effet en quelque sorte un caractère de placage; les lourdes moulures et sculptures seraient difficiles à fixer et l'on tend vers des décors superficiels, tels des appareils et des jeux spéciaux de briques de petit module, des céramiques, des enduits, etc.

Deux matériaux principalement se partagent la constitution des ossatures des grands édifices modernes: l'acier et le béton armé. L'ancêtre, qui a permis la construction des pittoresques maisons à pans de bois, n'entre plus en ligne de compte. Je ne veux pas débattre le procès des qualifications des deux matériaux en présence pour la construction des ossatures. La concurrence est vive et fait intervenir dans le débat de nombreux arguments extra-techniques. Laissons cela aux hommes d'affaires. En notre pays, les ingénieurs civils des constructions sont également familiarisés avec les divers matériaux et ils leur sont tous également sympathiques dans leurs domaines d'applications. C'est donc une question de cas d'espèce d'abord, d'économie ensuite, qui doit assurer la répartition des ossatures entre le béton armé et l'acier.

Lorsque j'eus l'honneur d'être appelé à entreprendre l'étude technique de l'Institut de Chimie et de Métallurgie, je me trouvais en présence d'une décision de principe au sujet de l'emploi du béton armé pour l'ossature. J'exposerai plus loin comment je fus amené à proposer de changer cette décision et à employer l'acier pour une partie de l'ossature, l'autre partie se faisant en béton armé, ainsi que les planchers. La partie de l'ossature constituée au moyen d'acier doit être enrobée, tout d'abord en vue de l'habiller, mais également en vue de la protéger contre l'oxydation et l'attaque par les agents chimiques, particulièrement à craindre dans cet institut, enfin pour mettre l'acier à l'abri du contact direct des flammes en cas d'incendie. Nous nous sommes décidés en faveur de l'enrobage au moyen de béton, en vue notamment d'assurer une bonne liaison avec les planchers et aussi d'ajouter à la résistance de la charpente le surcroît résultant de la résistance propre du béton. Il est connu en effet, que le béton enrobant des colonnes métalliques comprimées participe dans une mesure notable à la résistance totale; nous avons pris des dispositions

(1) Communication faite à la Section de Liège de l'A. I. Lg. le 21 mars 1931, Extrait de l'Annuaire de l'A. I. Lg.; 1931, fascicules 3 et 4, pages 159 à 164.

spéciales en vue d'augmenter l'adhérence, c'est-à-dire d'assurer la déformation simultanée de l'acier et du béton, par la disposition de raidisseurs horizontaux sur les âmes des colonnes. Il va de soi que la charpente n'a pas reçu de couche de peinture protectrice. Le métal doit être débarrassé avant l'enrobage de tout oxyde non adhérent.

Pour ce qui est des poutres horizontales, grâce à la continuité des dalles en béton armé avec l'enrobage, il se produira également une flexion d'ensemble qui soulagera les poutres métalliques dans une mesure que nous chercherons à apprécier au moyen d'essais.

On voit donc que dans la conception d'ensemble de la partie résistante de l'édifice, nous avons associé intimement l'acier et le béton, en cherchant à tirer le meilleur parti possible des qualités intrinsèques des deux matériaux et non à les opposer l'un à l'autre.

La construction basée sur le principe de l'ossature ne reporte plus directement les charges sur le terrain d'une manière continue, mais les concentre sous la base des colonnes inférieures. Elle conduit donc à des massifs de fondation isolés fortement chargés et confère donc un caractère spécial à la fondation. L'étude de celle-ci devient très importante. En outre, le terrain du Val Benoit présente plusieurs difficultés spéciales, qui ont compliqué le problème de la fondation. Le terrain du Val Benoit, en bordure de la Meuse et situé au pied de la colline de Cointe, appartient à une partie basse et assez resserrée de la vallée. Il est probable que le fleuve y a divagué considérablement au cours des âges et le sous sol est formé de ses alluvions. Superficiellement, la partie la plus voisine de la nouvelle digue de la Meuse est formée de remblai récent et sans résistance. La partie la plus voisine de la rue du Val Benoit, constituant ce qu'on appelait le Champ de Glace, est au contraire en contrebas, du fait d'exploitations anciennes de terre à briques. Cette partie est franchement marécageuse ; l'eau y affleure pour ainsi dire à la surface du sol et se maintient au-dessus du niveau de la Meuse et de l'eau du gravier, qui sont sensiblement à la même cote. Ceci semble impliquer un colmatage du gravier dans cette région et il y a quelques chances que la nappe du champ de glace soit plutôt alimentée par les venues du versant de la colline, aux flancs de laquelle on utilisait anciennement des sources, notamment une qui alimentait l'abbaye du Val Benoit, d'après d'anciens plans que possède l'Université.

Nous avons fait procéder à de nombreux sondages, principalement au voisinage des emplacements des divers instituts, tant par puits que par forages à main. Sous le remblai récent, nous avons rencontré du limon assez vaseux surmontant un gravier très résistant, dans lequel nous avons eu beaucoup de peine à pousser les trous de forage jusqu'à deux mètres. Grâce aux nombreux sondages, nous avons pu apprécier avec beaucoup d'approximation la surface supérieure du gravier qui forme sensiblement un plan plongeant de la Meuse vers la colline. A

certaines endroits nous avons trouvé localement quelques poches de limon plus profondes. Mais les prévisions établies sur la base de nos sondages ont été remarquablement confirmées lors du battage des pieux de fondation de la charpente métallique, qui ont tous rencontré le gravier solide au niveau prévu et y ont toujours trouvé un refus caractérisé. La profondeur du gravier sous la surface du sol varie de 4,50 à 6,50 cm, c'est-à-dire que la cote de la surface du gravier est comprise entre 57,00 et 59,00 environ (cote du terrain 63,50).

Dans la partie du terrain voisine de la Meuse, la cote de l'eau est sensiblement celle de la Meuse (60,50 en moyenne) et elle est influencée directement par les fluctuations du fleuve. L'eau du champ de glace est à une cote plus élevée et sensiblement invariable.

De tout cela résulte la nécessité de descendre la fondation sur le gravier, à une profondeur de 5 à 7 m environ et à travers plusieurs mètres d'eau. Il s'y ajoute le facteur aggravant que l'analyse de l'eau a montré en divers endroits, notamment au pied de la colline et au pied du terril — dans le champ de glace — que sa teneur en sulfates dépassait la moyenne et qu'elle pouvait être agressive pour le béton.

Cette fondation n'était donc pas dépourvue d'aléas d'exécution. Cependant il n'était pas impossible d'envisager la fondation directe par massifs de fondation et il était difficile à la direction technique de prévoir un système spécial de fondation, d'autant plus que l'on se trouvait au voisinage de la limite. J'entends par là que l'on se serait prononcé a priori en faveur de pieux si la profondeur du gravier avait été généralement plus grande. Nous avons fait une étude complète basée sur l'emploi de blocs de fondations, pénétrant de 0,50 dans le gravier et dimensionnés pour résister tant aux charges verticales que horizontales sans dépasser 4 kg par cm² de force portante. Il faut noter que les réactions horizontales non négligeables devaient être prises en considération, tant du fait des forces du vent que du fait des charges verticales, par l'action de continuité des cadres des fermes à étages. En outre, les réactions verticales étaient excentrées, du fait de l'hypothèse d'encastrement des pieds des colonnes.

Le projet des blocs de fondation, bien défini avec indication des charges et des excentricités, constituait une étude complète et précise, qui pouvait justifier son exécution ou permettre à des firmes spécialistes de présenter des contre-projets offrant les mêmes garanties.

A cet effet, il fut fait choix du mode suivant d'adjudication. Les soumissionnaires pouvaient réaliser le projet de l'administration ou présenter un contre-projet partiel ou total. Mais, dans ce dernier cas, ils devaient justifier entièrement la résistance du système proposé. En outre, en cas d'emploi de pieux, il était imposé que la partie supérieure des massifs prévus par l'administration devait être conservée sur une hauteur de deux mètres, pour coiffer les pieux d'un bloc massif susceptible de

constituer une bonne assiette d'encastrement des pieds des fermes.

Comme matériaux de fondation, il était prescrit un béton spécialement composé, après étude au laboratoire du génie civil, notamment en vue de résister à l'action des eaux sulfatées. A cette fin, il devait être très compact et étanche et être, par sa composition, résistant à l'altération chimique. L'emploi de ciment de laitier spécial et de matières pouzzolaniques, telles que le trass rhénan ou le laitier finement moulu, se recommandait. Le dosage de 800 litres de gravier, 400 litres de sable, 350 kg de ciment de laitier spécial et 100 kg de trass a donné un béton excellent, très compact, très étanche, très travaillable même peu mouillé, et très résistant. Des éprouvettes prélevées dans des têtes de pieux après recèpage ont donné des résistances de 220 kg/cm². Les éprouvettes d'études préalables au laboratoire et les éprouvettes de contrôle du chantier ont donné à 28 jours des résistances de 150 à 170 kg/cm² et même davantage. Le béton des pieux travaille à moins de 30 kg/cm². La société Franki ayant consulté après coup le spécialiste allemand Dr R. Grün, les conseils qu'il a donnés au sujet de la composition du béton ont confirmé la composition qui avait été choisie par la Direction technique.

L'adjudication de la fondation de la charpente métallique a donné comme résultat que 10 firmes ont présenté des contre-projets et que 6 firmes ont présenté le projet de l'administration, ce dernier à des prix qui ne dépassaient pas nos prévisions et justifiaient ainsi la méthode suivie. Le travail fut confié à la Société des Pieux Franki qui présentait le contre-projet le meilleur marché et répondant aux garanties demandées, que l'administration pouvait aisément contrôler d'après son étude préalable. L'offre présentait en outre une garantie qui constituait en même temps une nouveauté, c'était le battage de pieux obliques moulés dans le sol par le système Franki, dont la fondation du Val Benoit constitue la première application en grand.

La Société des Pieux Franki a exécuté son travail à la satisfaction de la Direction technique, non sans avoir éprouvé quelques difficultés, tant par la nature du terrain très mou, sur lequel les lourdes machines ne trouvaient qu'une stabilité précaire, que par suite d'un été très pluvieux et de crues précoces du fleuve, qui ont donné quelqu'ennui à l'entreprise pour l'épuisement. Malgré ces difficultés et quelques imprévus, le travail de fondation a été terminé dans les règles de l'art et à temps pour ne pas gêner le début du montage de la charpente. Un essai de charges de deux pieux obliques, effectué par la Société Franki a confirmé la résistance attribuée à ces pieux ; une charge verticale totale de 250 tonnes a été supportée sans affaissement appréciable. On peut donc croire que l'institut de Chimie et de Métallurgie ne sera pas un colosse aux pieds d'argile. Cette constatation est rassurante, si l'on songe que la plupart des massifs portent de 200 à 350 tonnes et que le double massif sous l'entrée des auditorios principaux, qui reçoit l'appui de 10 colonnes, porte

deux fois 725 tonnes. Ajoutons que le bâtiment est divisé en blocs indépendants, à cause des affaissements houillers encore possibles, d'ailleurs très modérés, et aussi de la grande étendue de l'immeuble.

L'ossature du bâtiment est caractérisée par les grandes portées et les fortes charges. Sauf dans une partie servant de communication entre les ailes du bâtiment et le fond des auditorios, et pour quelques couloirs des entrées, les distances des colonnes des fermes sont toutes supérieures à 9 m. dans le plan des fermes et celles-ci sont toutes espacées de plus de 4 mètres. Mais les grandes fermes des ailes latérales, correspondant aux grands laboratoires, ont 16 m de largeur (entre axes) sans colonnes intermédiaires et elles sont espacées de 6 m, afin de permettre de ménager de grandes baies en façade.

Le corps principal du bâtiment a des fermes de 11 m de portée espacées de 4 m, sans appuis intermédiaires, de telle sorte que la disposition des cloisons intérieures est ad libitum. De même, les salles de laboratoires constituent de vastes surfaces sans obstacles, permettant des dispositions absolument libres. Ces conditions n'ont pas résulté de l'étude technique ; elles lui ont été données comme bases.

Les surcharges qui ont été adoptées sont de 750 kg/m² pour les planchers, compte tenu des charges des laboratoires et auditorios, et aussi des machines spécialement pondéreuses ; toutefois ces charges ne valent que pour les dalles. Pour les fermes on a admis 500 kg/m², parce qu'il est impossible que la charge de 750 kg/m² soit réalisée simultanément dans toute l'étendue des dalles. On n'a pas envisagé la décroissance souvent tolérée des charges des divers étages, mais considéré toutes les surcharges entières, dans leurs positions les plus dangereuses. On a tenu compte d'un effort normal du vent de 75 kg/m² sur toutes les façades. Pour les terrasses, on a admis une surcharge de 250 kg/m² pour le calcul des fermes, les dalles étant les mêmes qu'aux étages inférieurs.

Il faut compter bien entendu en plus toutes les charges mortes.

Étant donné ces surcharges, les grands écartements de fermes et les grandes portées, les fermes des ailes sont véritablement très fortement sollicitées.

Lorsque le bureau d'études a été constitué dans le courant de l'été de 1929, le projet général d'architecture prévoyait une ossature non apparente en béton armé, les façades devant être revêtues de briques.

Un première étude sommaire aboutit à des dimensions des grandes fermes tout à fait massives : poteaux de très grande section, de plus de 1,20 m de largeur et de 0,60 m d'épaisseur, poutres de très grandes dimensions, de près de 1,40 m de hauteur, malgré des taux de travail élevés et un pourcentage d'armature notable.

Comme cette ossature devait être garnie de briques en façade pour l'aspect et de matériaux poreux à l'intérieur, pour éviter les condensations, les di-

mensions totales des piliers devenaient énormes ; elles auraient conféré à l'édifice un caractère exagérément lourd. De plus, toutes les dimensions du bâtiment se seraient trouvées augmentées. La largeur libre intérieure des laboratoires étant de 15 m, la largeur extérieure aurait atteint sensiblement 18 m. Pour 5 m de distance de plancher à plancher, il ne serait resté qu'une hauteur libre insuffisante de moins de 3,50 m, compte tenu des dallages.

Il aurait fallu augmenter les hauteurs d'étages d'au moins 0,50 à 0,60 m., entraînant une surélévation totale d'un demi-étage.

D'après ces résultats, je me trouvai d'accord avec mon collègue M. P. Chantraine pour proposer de substituer une ossature métallique à l'ossature en béton armé pour le corps principal et les ailes du bâtiment. Moyennant une conception spéciale de charpente, on a pu gagner 1 m en largeur et conserver les distances de 5 m de plancher à plancher, avec une hauteur libre de 4,20 m environ ; en même temps on a réalisé une diminution du volume total bâti d'environ 17% par rapport à l'ossature en béton armé. Sans doute la charpente métallique considérée en elle-même est-elle appréciablement plus coûteuse que celle en béton armé, mais l'économie indirecte importante sur le cube bâti rachète largement la différence. En outre, la charpente métallique confère plus de légèreté d'aspect au bâtiment ; enfin, en l'occurrence elle était plus sûre et plus logique. Je m'explique. Quel que soit le matériau de l'ossature, celle-ci devait être revêtue de briques en façade. Outre l'inconvénient de l'augmentation inadmissible des dimensions qui en résulte en cas d'ossature en béton armé, ce dispositif me paraît illogique dans l'état actuel de la construction, car il n'y a pas de raison de masquer le béton, qui peut parfaitement être apparent en façade. Mais l'architecture de briques était décidée.

Il était alors possible de bétonner à la manière ordinaire dans des coffrages en bois et de placer ensuite le placage de briques. Celui-ci aurait mal adhéré au béton. On aurait donc été amené, ainsi que pour faire l'économie du coffrage, à bétonner à l'intérieur d'une gaine de maçonnerie formant coffrage, comme je l'ai vu faire fréquemment. Ce dispositif peut convenir pour de petits bâtiments, peu chargés mais, pour des pièces en béton armé fortement chargées, je n'aurais pu avoir confiance dans ce procédé, qui ne permet pas le contrôle et qui est certainement défavorable tant pour le placement de l'armature que pour le bétonnage. Je considère donc que les colonnes en béton armé n'auraient pas eu leur sécurité normale. Ce travail aurait d'ailleurs été très lent.

Ce danger n'existait pas pour la charpente métallique. Celle-ci doit en effet être entièrement montée avant tout enrobage ; elle est contrôlée, vérifiée et reçue après épreuves prescrites. L'enrobage se fait ensuite en liaison avec les briques ; la solidarité de l'ensemble est assurée autant que la résistance.

Pour le massif des grands auditoriums, de très grande hauteur, où l'espace disponible était sura-

bondant, de même que pour les bâtiments transversaux de liaison, peu importants et peu chargés enfin pour la halle de fonderie décidée après coup, le béton armé n'avait pas les mêmes inconvénients et se présentait dans des conditions normales, d'autant plus que je parvins à faire accepter que l'ossature en béton pourrait être apparente dans ces façades moins monumentales. L'examen de la maquette qui a été faite, montre que cette solution économique et rationnelle n'avilira nullement l'aspect du bâtiment vu de l'arrière.

Les parties de l'ossature en béton armé seront fondées comme la charpente métallique. Elles sont conçues selon le type de ces constructions en béton armé, c'est-à-dire comme cadres rigides à étages ; elles sont calculées comme telles. Les fermes des grands auditoriums doubles superposés sont de dimensions impressionnantes et auront belle allure.

Tous les planchers seront en béton armé. Ceux des grandes salles sont constitués de dalles continues calculées comme telles, pour les positions les plus défavorables des surcharges en damier. Elles ont jusqu'à 6 x 5 m de surface et ont 14 cm d'épaisseur pour 750 kg de surcharge, non compris le poids mort et le dallage. Elles sont faites au moyen du béton le plus résistant prévu par le règlement de l'A.B.S. et travaillent aux taux admis par ce règlement.

Dans le corps principal et partout où les portées des planchers ne dépassent pas quatre mètres, il a été fait usage d'un hourdis à petites nervures formées de poutres à section \square moulées d'avance et placées côte à côte, selon un dispositif imaginé dans l'exercice de mes fonctions antérieures pour la construction de logements en série.

L'entreprise du béton armé et du gros œuvre, récemment adjugée, ne sera commencée qu'au début d'avril ; on ne peut encore rien voir sur le chantier concernant cette partie importante et intéressante du bâtiment.

Par contre, la charpente métallique des ailes et du corps principal est montée quasi à moitié ; entièrement dégagée, elle se laisse aisément analyser. Sa conception diffère de la charpente courante pour les raisons indiquées précédemment : il fallait réduire les dimensions en même temps que le poids. Selon des avis autorisés, nous avons atteint ces objectifs sinon une économie directe de prix, car la réduction de poids est compensée, en majeure partie, par un prix unitaire plus élevé. Encore tout cela est-il discutable et dépend des moyens d'exécution des usines. La firme adjudicatrice s'est outillée pour effectuer la commande et, après un départ assez facile, s'est trouvée très satisfaite du travail. Il est certain que la réédition de fermes de ce type permet d'en réduire le prix de revient et il n'est pas douteux que si un tel système se généralisait suffisamment, il finirait par coûter moins cher que la charpente ordinaire, car telle est la loi du progrès. D'ailleurs, pour ce qui est de l'économie de l'ossature métallique, dans le cas actuel, nous avons vu qu'il faut en juger par l'économie d'ensemble du

bâtiment, qui résulte de la réduction du cube bâti total.

Les principes appliqués pour atteindre les buts proposés sont tout simplement ceux de la construction en béton armé : la continuité. Notons en passant cet avantage de la connaissance des deux modes de construction. Bien entendu, il faut trouver les moyens adéquats, qui diffèrent totalement pour l'un et l'autre matériau. Dans une étude parue le 2 février 1929, mon collègue M. Godard, professeur de ponts métalliques à l'École nationale des Ponts et Chaussées, examinait les méthodes qu'il conviendrait d'adopter pour rénover la construction métallique en vue de combler l'avance prise par le béton armé, ensuite d'avantages économiques indéniables. Il estimait que la voie à suivre était celle de la charpente soudée, qui exigerait toutefois des conceptions nouvelles d'assemblage et aussi des profils nouveaux, simplifiés, des barres laminées. Il entrevoyait une réduction de poids qui pourrait être, à la longue, accompagnée d'une diminution correspondante de prix. M. Godard n'insistait cependant pas sur la nécessité de modifier les formes constructives classiques de la charpente rivée et reproduisait des fermes soudées ayant une triangulation tout à fait identique à celle d'une ferme rivée.

Or, à mon avis, le principal effet de la soudure est de conférer à la construction métallique le même « monolithisme » — sans jeu de mot, ce terme dit exactement ce que je veux faire entendre — qu'au béton armé. Monolithisme même plus grand, vu la tenacité de l'acier et de la soudure.

Dès lors, les formes constructives doivent devenir celles qu'une longue pratique du monolithisme a imposées au béton armé. La continuité de construction correspondant à ce monolithisme peut même être appliquée à la charpente rivée et c'est ce que nous avons fait, ne nous croyant pas autorisés à étudier une charpente soudée. Le cahier des charges permettait de proposer l'assemblage par soudure à titre de contre-projet. Une seule firme s'en autorisa et remit l'offre la plus élevée, comportant un supplément de poids appréciable par rapport à notre charpente rivée. Nous avons compris que cette firme n'avait pu faire l'étude requise et nous sommes convaincus que, si nous avions désiré une charpente soudée, nous eussions dû l'étudier nous-même dans ce but. Actuellement, nous l'entreprendrions, après avoir bien examiné le problème, après de multiples essais divers et après avoir suivi de près la construction de notre charpente rivée.

Ce qu'il y a de particulier, c'est que nous estimons que le maximum de gain de poids est déjà réalisé dans notre charpente rivée du fait de la continuité. La soudure ne peut plus guère entraîner qu'une réduction moindre, limitée aux joints d'assemblages. En effet, toutes nos pièces rivées sont comprimées ; il n'y a pas de déduction de trous de rivets et la rigidité requise ne permet pas de réduire les dimensions. Les pièces horizontales fléchies sont toutes des poutrelles I laminées, sans déformement de

trous de rivets. Une partie des joints d'assemblage, ceux de montage, subsiste en charpente soudée.

Le principe de la continuité est réalisé par le fait que les joints des poutres horizontales aux colonnes réalisent un encastrement d'un degré très élevé. Ouvrez le premier aide-mémoire venu, vous trouverez qu'à portée et surcharge uniforme complète égales, une poutre encastree est fatiguée au milieu *au tiers* d'une poutre simplement appuyée, et que sa flèche maximum est *cinq fois plus petite*. Ceci explique que nos poutres horizontales de 16,00 m de portée n'ont jamais plus de 0,60 m (1/27) de hauteur pour les plus chargées, elles ont en moyenne 0,475 m de haut (1/34) et jusqu'à 0,30 m (1/54) de hauteur pour les moins chargées, sans fatigue excessive et avec une rigidité parfaite. Par contre, les colonnes sont fléchies, mais comme elles doivent être tout de même assez fortes du fait des grandes charges qu'elles supportent, les fatigues de flexion sont faibles, la compression prédomine.

C'est ainsi que, dans l'hypothèse de l'encastrement, les forces totales de compression restent largement à l'intérieur des bases des plaques d'appui des pieds des fermes : cet encastrement se réalise donc par simple contact de ces plaques d'assises très rigides sur leur massif de béton, sans boulons d'ancrage, puisqu'il n'y a nulle part d'extension dans l'étendue des plaques. Le constructeur n'a pas désiré, d'autre part, faire usage de boulons d'ancrage pour le montage et nous pensons que le réglage de la ferme, qui s'est fait très simplement, a été facilité par l'absence de ces boulons, dont le défaut ne s'est jamais manifesté. Le scellement est fait au mortier de ciment.

Le calcul de ces fermes a été fait d'après la méthode que j'ai esquissée dans un rapport au Congrès international de la construction métallique à Liège l'an dernier, en collaboration avec les camarades Lemaire et Spoliansky. Mes collaborateurs pour le calcul, les camarades Perelman et Spoliansky, ont, par des études personnelles, établi des abaques et des perfectionnements particuliers accélérant les calculs et permettant encore une économie dans le dimensionnement des colonnes. Il est intéressant de noter que l'étude de cette charpente a constitué un vrai travail scientifique et qu'elle a donné lieu à des recherches diverses et multiples, tant concernant le calcul qu'au laboratoire. Des essais sur la construction achevée sont prévus, par le moyen d'un appareil prêté par le Fonds National de la recherche scientifique ; il en sera question plus loin.

L'acier est de la qualité courante de construction en Belgique ; les essais de réception ont été satisfaisants. L'usinage n'a donné lieu à aucune difficulté. La Société métallurgique d'Enghien Saint-Éloi s'est acquittée de ce travail avec une maîtrise qui lui fait honneur et confirme sa réputation. Le montage est effectué par la firme Istace frères de Liège ; vous jugerez demain de la puissance de son installation et des hautes qualités du conducteur de montage M. Collard. Les colonnes sont en principes usinées d'une pièce et dressées avec leurs goussets

spéciaux ; elles ont 20 m de long. Les poutres horizontales sont ensuite levées entre les deux colonnes d'une ferme. Les fermes des entrées, qui sont à trois colonnes et ont de 25 à 30 m de hauteur, ont des colonnes divisées en deux tronçons par un joint de montage. Ces dispositions ont donné lieu à des difficultés, qui n'ont pas été sans gravité, pour le transport des pièces, notamment de la gare de Sclessin au chantier, et pour la manutention sur le chantier. Alors que les moyens adéquats existaient pour l'usinage et le montage, ils faisaient défaut pour les opérations banales intermédiaires. Les fermes métalliques présentent l'inconvénient général d'une faible rigidité perpendiculairement à leur plan, et les lourdes pièces de 20 m de long, mal soutenues sur des chariots vulgaires, mal suspendues aux châssis de levage et mal supportées sur les wagonnets de chantier, se déformaient d'une manière inadmissible. Il fallut intervenir avec tenacité et, après les premiers déboires, des remèdes furent apportés et rendirent finalement ces opérations acceptables, bien qu'elles constituent encore toujours la partie la moins brillante du travail. Le choix du système de montage était entièrement laissé à la guise de l'adjudicataire, sous réserve d'approbation bien entendu. La question du transport et de la manutention en découle. La direction technique n'a donc pas voulu intervenir d'une manière impérieuse ; elle s'est contentée d'une solution strictement satisfaisante pour le transport. Mais il est certain qu'il est utile d'en tenir compte dans la conception du projet. C'est ce qui nous a incité, en cours d'exécution, à la suite d'un avertissement de notre surveillant et pour éviter des déformations presque inévitables, lors du transport des poteaux intermédiaires, à doubles goussets de 3,20 m d'envergure, d'apporter de léger renforcement aux nœuds doubles, en vue d'augmenter leur rigidité latérale. A part ce changement de pure opportunité et quelques modifications de poutrellage, imposées par des raisons d'architecture intérieure, le projet réalisé est tout à fait conforme aux plans établis par la direction technique et ayant servi de base à l'adjudication. Dans l'ensemble, nous pouvons jusqu'à présent nous déclarer satisfaits du travail et vous jugerez demain de l'allure de la charpente.

Le poids total d'environ 1.750.000 kg correspond

à 27 kg par m³ bâti, ce qui, pour des portées et des charges élevées telles que celles qui sont envisagées, est un chiffre très modéré. (Voir rapport Hawranek Congrès international de la construction métallique, Liège 1931).

Un tel travail ne peut être mené à bien sans de solides appuis et des concours dévoués et je ne puis négliger de remercier ceux qui m'ont apporté l'un ou l'autre. M. l'Administrateur-Inspecteur Dehalu a rendu ce travail possible par la confiance qu'il a bien voulu me témoigner. J'ai dit en commençant la collaboration cordiale de mon collègue M. Puters ; mon collègue M. Chantraine m'a efficacement appuyé dans la voie où je m'étais engagé. Mais j'éprouve un plaisir particulier à remercier mes collaborateurs directs, tous jeunes camarades A. I. Lg., MM. Perelman et Spoliansky, frais émoulus de l'Université en 1929, à qui je n'ai pas hésité de confier l'étude et qui se sont montrés plus que dignes de cette confiance ; ils ont fait une belle école et ils connaissent, dès le début de leur carrière, la plus belle satisfaction d'un constructeur, assister à l'exécution de son travail. Pour les essais de laboratoire, auxquels M. Spoliansky, qui est aussi mon assistant, a beaucoup contribué, je dois rendre hommage à l'habileté et au dévouement de M. R. Dantinne, ingénieur A. I. Lg. de 1927, docteur en sciences physiques et mathématiques et professeur de physique à l'École industrielle supérieure de Liège, chef de travaux du laboratoire, enfin à M. J. Lamoën, ingénieur A. I. Lg. 1930, aspirant du Fonds National attaché à mon service.

Pour terminer ce trop long exposé, je vais me permettre de vous projeter rapidement quelques clichés, avant que l'on ne vous donne un film fixant certaines phases écoulées du montage de la charpente métallique.

La réunion aura lieu demain matin à 10,30 heures dans la cour de l'abbaye du Val Benoit ; entrée par la poterne. Le chantier étant assez encombré, je prierai les visiteurs de prendre garde à leur personne, d'autant plus que le chantier sera en activité à leur intention. Je ne veux pas vous effrayer d'un danger qui n'existe pas, mais il est bon cependant de faire appel à la prudence lors d'une visite de chantier, surtout lorsqu'elle se fait en groupe.