

F. Campus,
Professeur
à l'Université de Liège

L'évolution des charpentes métalliques en Belgique pendant le dernier quart de siècle (1932-1957)

Introduction

Le quart de siècle allant de 1932 à 1957 n'a pas été choisi par l'auteur comme une période caractéristique au cours de laquelle une évolution complète aurait pris naissance, se serait développée et aurait enfin atteint en quelque sorte un achèvement, au moins partiel. En fait, l'évolution très importante qui s'est manifestée dans les charpentes métalliques en Belgique avait commencé quelques années avant 1932 et elle n'a pas atteint son terme actuellement, encore qu'elle s'en soit approchée beaucoup au cours des dernières années.

Le laps de temps considéré est de toute évidence imposé par l'année de la fondation de la revue *L'Ossature Métallique*, dont le titre a été récemment modifié en *Acier-Stahl-Steel* et dont l'année 1957 apporte le vingt-cinquième anniversaire, auquel est consacré le numéro spécial pour lequel le présent article a été demandé.

Cependant, la date de la fondation de cette revue, si elle ne marque pas l'origine d'une évolution, est plus probablement et d'une manière assez compréhensible, en rapport avec cette évolution commencée quelques années auparavant et qu'il importait de contrôler. En effet, si le titre *L'Ossature Métallique* choisi pour la revue la vouait pour ainsi dire principalement aux charpentes métalliques, les auspices du Centre belgo-luxembourgeois d'Information de l'Acier sous lequel elle paraissait ne celaient nullement, mais au contraire, affirmaient clairement que les préoccupations économiques ne cédaient pas aux considérations techniques dans cette nouvelle publication. Non seulement il ne pouvait en être autrement, mais cela était nécessaire particulièrement en cette année 1932, qui était en quelque sorte au maximum de la grande crise dont les effets ne sont pas encore près d'être oubliés. Ce n'est pas sans évoquer un souvenir amusé que l'auteur, en compulsant la collection de tous les numéros parus depuis l'origine, a retrouvé, à la page 137 du n° 3 de mai-juin 1933, le compte rendu de la « Visite des nouveaux bâtiments de l'Université de Liège au Val-Benoît », qui avait eu lieu le 20 mai 1933. Chemin fai-

sant, le cicerone avait vanté les avantages de réduction considérable de poids que certaines dispositions nouvelles avaient permis de réaliser pour deux charpentes métalliques assez importantes, dont l'une était achevée, l'autre en voie d'achèvement. Un directeur d'usine sidérurgique du bassin de Liège, décédé depuis et qui participait à la visite, interrompit à un certain moment le guide en lui lançant, à son grand effarement, la boutade suivante : « L'ingénieur qui est responsable de cela devrait être fusillé. Il causera la ruine de nos usines ».

C'était, répétons-le, une boutade et non, heureusement, une prophétie. Nul n'est prophète dans son pays, selon l'adage. L'auteur n'était certes pas considéré comme tel à l'époque, ce qui ne l'a d'ailleurs pas empêché d'avoir été toujours dans les meilleurs termes d'amitié avec le directeur en question, devenu plus tard directeur-général, et à la mémoire duquel il garde toujours un très sympathique respect.

Mais il y a là plus qu'un souvenir piquant : un indice. Lors de la fondation en 1932 de *L'Ossature Métallique* ses promoteurs, justement préoccupés de la sauvegarde et du développement d'un important secteur de l'industrie nationale, pouvaient et devaient même anxieusement interroger l'avenir sur la voie à suivre. Était-ce celle des novateurs qui n'avaient pas connu le poids des lourdes responsabilités industrielles et qui s'engageaient hardiment dans la voie du progrès technique ? La nécessité de la recherche scientifique avait bien été proclamée par la voix auguste et prophétique d'Albert I^{er} en 1927, à Seraing, non loin du Val-Benoît, mais cinq années n'avaient pas permis d'entraîner toutes les convictions. La science ne fait pas de miracles. Elle est, comme le génie, faite d'une longue patience, d'un travail inlassable mais méthodique et prolongé. Or, cette crise, en 1932, était longue et pénible. La science n'y avait pas mis fin et, à première vue, pouvait paraître devoir l'aggraver.

C'est pourquoi il me semble que la fondation en 1932 d'une revue vouée aux aspects économiques et techniques conjugués de l'acier ne pouvait à priori consacrer une évolution amorcée depuis peu d'années et

encore particulière, mais ne pouvait pas faire autrement que de la contrôler, la surveiller selon les nécessités imposées par les circonstances économiques et industrielles.

Il ne sera pas ici approfondi le point de savoir si ce sont ces circonstances qui ont fait triompher l'évolution commençante ou si, au contraire, c'est l'action sans cesse croissante et triomphante de la recherche scientifique qui a redressé les circonstances. Ces questions sont infiniment complexes et enchevêtrées et il ne faut pas y apporter un esprit trop analytique. Mais il est certain que l'esprit scientifique l'a emporté, que l'évolution s'est poursuivie et affirmée dans le sens qu'elle indiquait, c'est-à-dire la voie de l'allégement. Les circonstances économiques ont à ce point changé en 1957, vingt-cinq ans après, qu'au lieu d'une crise de sous-consommation, on se trouve plutôt en présence d'une pénurie d'acier malgré une production record. On reprocherait plutôt aujourd'hui à une charpente d'être trop lourde que trop légère. Et cela pas seulement d'une manière liée à la conjoncture; on peut croire que, dans une très large mesure, il s'agit là d'une évolution presque achevée, tendant vers une permanence encore plus caractérisée.

Cette introduction n'a d'autre objet que de souligner d'une manière peut-être un peu personnelle, mais vive et vécue, le sens général de l'évolution des charpentes métalliques pendant la période envisagée. L'auteur se fait un devoir de reconnaître que par une action d'information impartiale et documentée, par l'accès largement ouvert de ses colonnes aux meilleurs spécialistes belges et étrangers, la revue qui commémore par ce numéro spécial ses vingt-cinq années d'existence, a contribué puissamment à cette évolution, dont elle a tôt reconnu l'intérêt et, en fait, compris le parti qui pouvait en être tiré.

Cependant, il faut bien constater que les circonstances n'ont pas été particulièrement favorables à la charpente métallique. En effet 1932 voyait se développer un essor de la construction en béton armé, qui avait pris le départ depuis deux lustres à peine. Et 1957 voit s'affirmer un nouvel essor, celui du béton précontraint, qui est un concurrent non moins redoutable. Mais il

est certain que ce sont précisément ces concurrences qui ont rendu nécessaire économiquement le développement de l'évolution technique de la charpente métallique amorcée peu avant 1932. Cette évolution a été, il faut le répéter, très importante en Belgique, et dans une large mesure originale. Ses traits principaux seront analysés ci-après. Cependant, l'auteur croit devoir recourir à une précaution préalable, de rigueur dans un tel article de circonstance. Il ne lui est pas possible d'être complet, de ne rien oublier même d'important, enfin d'entrer dans les détails. Il réclame l'indulgence pour les lacunes, les oublis inévitables de son exposé. Il doit notamment renoncer à toute bibliographie. Le relevé de tous les articles parus dans la revue jubilaire, de 1932 à 1957, en rapport avec les charpentes métalliques, auquel l'auteur a procédé, prendrait presque autant de pages que l'article même. Il renvoie donc aux tables des matières des divers tomes annuels. Pour être complet, il faudrait d'ailleurs consulter encore d'autres revues et publications belges. Non sans hésitation, il citera quelques noms, mais peu, dans l'opinion qu'il serait peut-être excessif de n'en citer aucun. Sur ce point encore, l'auteur demande qu'on ne lui garde pas rancune de ses omissions nombreuses, son article ne devant pas être un palmarès.

Conceptions générales

L'évolution des charpentes métalliques en Belgique a été largement conditionnée par celle des conceptions générales plutôt que par celle des techniques, qui, bien entendu, ont aussi subi des modifications marquées, mais influencées souvent dans une large mesure par le changement des conceptions.

Pour bien saisir l'importance du changement des conceptions générales, il semble utile de rappeler les anciennes. Comme l'auteur ne pourrait apporter plus de conviction à son exposé qu'en le fondant sur des expériences personnelles il se permet d'évoquer encore un souvenir lointain, qui remonte à 1919 et qui ne fut pas sans influence sur son activité ultérieure. Au début de ladite année, encore sous l'uniforme, mais désirant orienter sa carrière d'ingénieur, il obtint de faire un stage dans un atelier de constructions métalliques dépendant d'une grande société sidérurgique. Il y fut initié à suivre strictement un ouvrage d'un professeur belge, d'ailleurs très bien fait, dans lequel il retrouvait, avec quelques développements, les enseignements classiques qu'il avait reçus avant 1914. C'était le triomphe de la graphostatique, de l'école de Culmann et de Ritter. C'était de la géométrie plutôt que de la construction. Tout se ramenait à des compositions et des décompositions de vecteurs-forces. De déformations il n'était question que pour limiter les flèches ou définir les contreflèches; leur détermination se ramenait

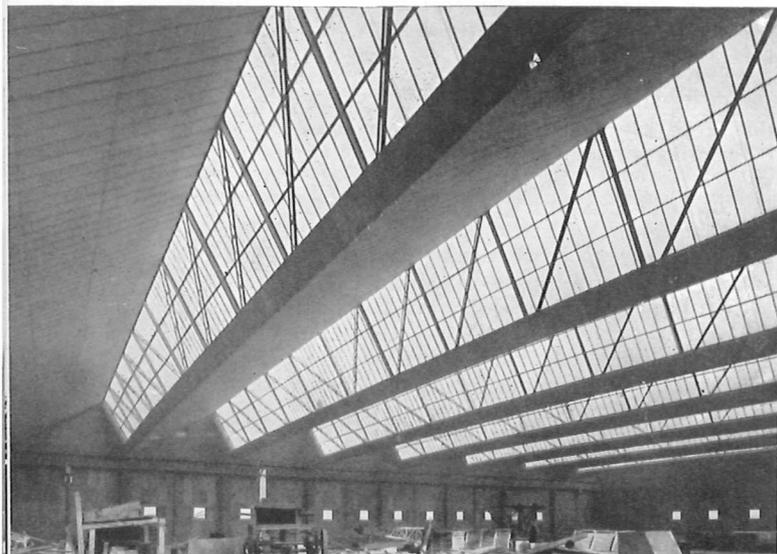


Fig. 1. Poutres Robert & Musette. Charpente métallique du Palais des Expositions de Charleroi.

Photo : Sergysels & Dietens.

Fig. 2. Constructions métalliques pré-comprimées. Poutre-maitresse du hangar de Melsbroek.



aussi à une géométrie. Que l'on ne trouve pas dans cette appréciation schématique une critique totale, moins encore une condamnation. Bien que dans un champ d'application qui va toujours en se rétrécissant, ces méthodes restent encore d'application, pour des charpentes de couvertures industrielles, par exemple. Mais elles ne règnent non seulement plus sans partage, on peut même affirmer qu'elles n'occupent plus qu'une place mesurée, nécessaire mais suffisante, dans les connaissances supérieures qu'exige la conception générale actuelle des charpentes métalliques.

Somme toute, la statique graphique ne connaissait d'autres connections que les appuis simples et les articulations. Elle incitait ses adeptes à concevoir les constructions selon ces hypothèses, ce qui est un principe insatisfaisant.

Il ne faut pas adapter les constructions aux théories; il est bien supérieur d'adapter les théories aux constructions, mais c'est généralement plus difficile. Ce qui était peut-être plus curieux encore, c'est que là où l'expérience avait établi les inconvénients des connections articulées et fait préférer des assemblages rigides, le calcul ne suivait pas, ignorait les réalités et conservait l'hypothèse désormais fallacieuse des articulations. Cela entraînait certes des avantages de simplicité, mais beaucoup d'incertitudes qui réagissaient défavorablement sur les tensions admissibles, sur les poids et enfin sur le prix.

Les imperfections de cette conception étaient apparues déjà bien avant la première guerre mondiale, même avant le début du siècle, dès que l'on avait effectué des mesures sur des constructions. Les discordances entre les efforts mesurés sur les constructions triangulées à assemblages rigides et ceux calculés d'après l'hypothèse des nœuds articulés avaient retenu l'attention. Elles avaient conduit notre illustre compatriote Arthur Vierendeel à la conception de ses poutres sans diagonales à nœuds rigides, qui avaient le caractère d'une sorte de manifeste et qui, il y a un peu plus d'un quart de siècle, inspiraient encore la méfiance, sinon la répro-

bation. Plus de compréhension, sinon plus d'audace, aurait permis à la charpente métallique de s'engager plus tôt et par des voies propres, intrinsèques, dans une évolution née d'une saine adaptation aux réalités constructives.

Ce furent plutôt des raisons extrinsèques, inspirées par un matériau concurrent, le béton armé, qui furent déterminantes. Par sa nature même, le béton armé requerrait le monolithisme, la continuité dans une, deux ou trois dimensions. Les formes constructives correspondantes engendraient l'hyperstaticité. Celle-ci faisait intervenir le calcul des déformations pour la détermination des efforts internes. Ceci n'était certes pas étranger à l'école de Culmann et de Ritter, mais pour ce qu'en avait retenu l'étude classique des charpentes métalliques, c'était une révolution.

Cependant, le développement du béton armé avait familiarisé les ingénieurs des constructions avec le calcul des systèmes hyperstatiques et continus. Il advint qu'ils songèrent à l'appliquer à certaines charpentes métalliques et qu'ils en observèrent aussitôt un appréciable bénéfice de poids, de l'ordre de 15 %. Cette différence n'est pas fondée sur des considérations théoriques, mais sur la confrontation d'offres libres émanant de divers ateliers participant à un concours.

Vers l'époque de ces premières tentatives, la soudure faisait aussi des efforts pour s'imposer dans l'exécution des charpentes métalliques. Elle conduisait naturellement à des assemblages rigides, réalisant une continuité analogue à celle en faveur dans le béton armé. Elle devait donc tenter les protagonistes des ossatures métalliques continues. Cependant, cela n'allait pas sans des études complexes de détails d'assemblage et le bénéfice de poids n'atteignait guère que la moitié de celui résultant de la continuité seule. L'auteur se souvient d'avoir, il y a plus de vingt ans, converti en charpente rivée une charpente métallique continue prévue pour la soudure, moyennant un supplément de poids très faible. En associant à la continuité et à la soudure un acier à haute résistance 58-65, il fut possible à cette époque de réaliser

une économie de poids de 33 % par rapport à une charpente de conception ancienne usuelle en acier ordinaire.

Ces conceptions, qui partent de l'idée que le calcul n'est qu'un moyen qui doit s'adapter à la construction et non être sa condition, se sont imposées dans tous les domaines. D'une manière générale, elles impliquent une connaissance plus exacte et plus approfondie du mode de résistance des constructions métalliques dans toutes leurs parties, en donnant à ces constructions les dispositions générales que le jugement sain indique comme étant les plus avantageuses. Ceci conduit bien plus loin que la considération de l'hyperstaticité des poutres, des portiques et des cadres étagés continus, mais aussi à tenir compte de la continuité dans l'espace : quadrillage de poutres, cadres continus à trois dimensions, etc. Cela conduit aussi à l'abandon de la séparation des fonctions simples des éléments coordonnés des charpentes métalliques classiques, mais à la compréhension et à la prise en considération de leurs fonctions complexes, comme par exemple l'utilisation comme poutres porteuses des grandes couvertures métalliques de pans de charpente anciennement appuyés. Le système Robert et Musette est devenu très répandu en Belgique et les publications de *L'Ossature Métallique* et de *Acier-Stahl-Steel* en contiennent de très nombreux exemples. Après l'affirmation pratique du succès du béton précontraint, on a même été jusqu'à envisager et réaliser la précompression des fermes métalliques et une réalisation a été faite sous l'impulsion du Professeur G. Magnel, dont *L'Ossature Métallique* a rendu compte.

Ces progrès ne se réalisent cependant pas simplement; ils constituent une véritable révolution par rapport à la situation dépeinte plus haut en 1919 dans un bon atelier de constructions. Ils ne s'improvisent pas non plus; ils exigent un ensemble de connaissances supplémentaires incomparablement plus varié et plus important. En outre, ils exigent une meilleure connaissance des propriétés des matériaux et de tous les éléments et détails de la construction, c'est-à-dire beaucoup de recherches préalables.

Les progrès de la connaissance des aciers ont conduit notamment à la valorisation de la plasticité ou ductilité des aciers doux de construction, correspondant à la limite apparente d'élasticité ou palier d'étrépage. *L'Ossature Métallique* a publié à ce sujet de nombreuses études d'auteurs étrangers et belges, notamment des

Professeurs L. Baes et Ch. Massonnet. Ceci a conduit au bénéfice général d'un relèvement de la tension admissible en flexion, mais les spécialistes belges sont, comme leurs collègues européens en général, restés assez réservés à l'égard d'un calcul systématique des ossatures métalliques à cadres continus par la méthode des « rotules plastiques », qui relie vivement l'attention dans les pays anglo-saxons et qui, aux Etats-Unis, a même conduit à la considération des « mécanismes », qui semble tendre à créer une nouvelle doctrine de systèmes articulés, une nouvelle géométrie, dont les rapports avec la construction peuvent paraître assez conjecturaux.

Sur la base d'observations expérimentales faites sur les ossatures métalliques à cadres étagés, qui ont mis en évidence les degrés d'encastrement réciproques élevés des poutres et des colonnes, les ingénieurs belges se sont orientés plutôt pour le calcul de ces ossatures vers des méthodes simplifiées très approchées en ce qui concerne les charges verticales. Quant aux actions transversales, notamment du vent, le calcul par la méthode élastique a été mis au point par divers ingénieurs belges.

Cette rénovation considérable des conceptions générales, fondée sur une connaissance beaucoup plus exacte et plus adéquate des propriétés et des phénomènes, qui conduit à serrer de beaucoup plus près les réalités, exige non seulement plus de science, mais aussi plus d'attention et de conscience. Plus aucun élément de la construction, plus aucun détail ne peut être négligé; les moindres ont une importance telle que leurs imperfections peuvent produire des accidents graves. Sous ce rapport, on ne peut apporter assez d'attention, assez de soins aux assemblages. Les goussets des fermes triangulées doivent être soigneusement étudiés; on n'en doute plus actuellement. Les nœuds rigides des ossatures à cadres étagés ont fait l'objet de nombreuses études en Belgique au cours de ce quart de siècle; certaines inspirées d'opinions divergentes. Ces divergences n'ont en réalité pas toute la signification qu'on a parfois cru devoir leur attribuer.

On peut, selon l'importance de l'ossature, ses charges et ses qualités, recourir à des assemblages plus ou moins simples et imparfaits ou plus ou moins perfectionnés. On peut croire qu'il y a accord général sur l'abandon de nœuds très développés, comme ceux que l'on utilisait dans les premières poutres Vierendeel. D'autre part, l'emploi de la soudure pour les assemblages entraîne des conditions particulières, dans le but de réduire les effets défavorables ou dangereux de la soudure. On est ainsi conduit à s'écarter des dispositions usuelles des assemblages rivés, notamment à abandonner les goussets et les nœuds obliques, qui entraînent des difficultés de soudure. On peut réaliser finalement en toute sécurité et facilité des nœuds d'encombrement minimum avec des raccordements continus évitant les surtensions et les effets d'entaille.

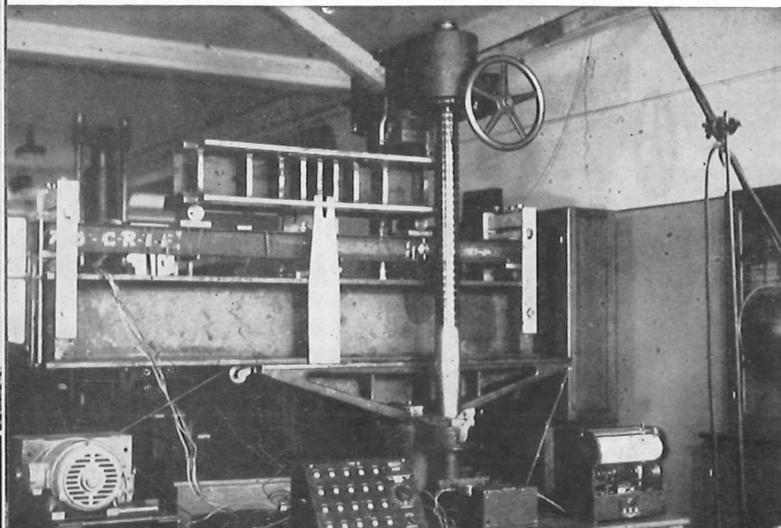


Fig. 3. Essais d'adaptation et de stabilisation plastique sur des poutrelles laminées.

Il n'est pas douteux que, sur ce point, les idées raisonnables, objectives, non préconçues, finiront par s'imposer.

Au sujet des assemblages, il est nécessaire d'attirer l'attention sur un point délicat des constructions précontraintes en acier, ce sont les ancrages des câbles. Ces ancrages sont très sensibles aux variations des efforts et à la corrosion. Si on peut admettre que le premier effet n'est pas considérable dans les charpentes métalliques de bâtiments, il importe en tous cas de se prémunir contre le deuxième.

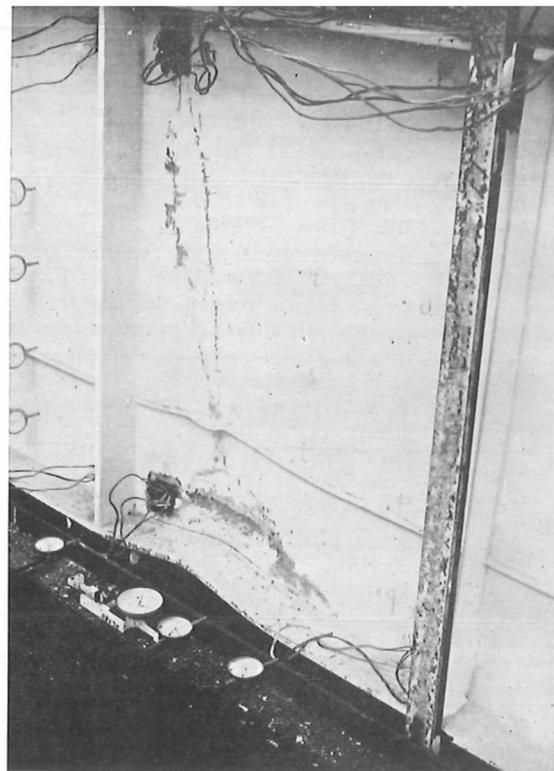
Les phénomènes d'instabilité afférents à l'emploi d'éléments minces ou élancés doivent aussi recevoir une plus grande attention. On citera à ce sujet les recherches et publications du Comité d'études de la construction métallique (C. E. C. M.) et notamment les travaux de M. Ch. Massonnet sur le voilement et le raidissage. Les contreventements seront soigneusement considérés; leurs effets peuvent être importants pour une faible dépense, moyennant des dispositions judicieuses et une exacte considération de l'action de tous les éléments quelconques de la construction. Enfin, le flambage exige naturellement d'autant plus d'attention que la crainte que l'on en a peut entraîner un excès onéreux de matière. Des études effectuées sur le flambement des barres sollicitées excentriquement ou obliquement, comme le sont pratiquement tous les éléments comprimés des fermes à goussets ou à nœuds rigides, doivent entraîner, par une meilleure connaissance, un dimensionnement plus économique en conservant une sécurité suffisante.

Matériaux

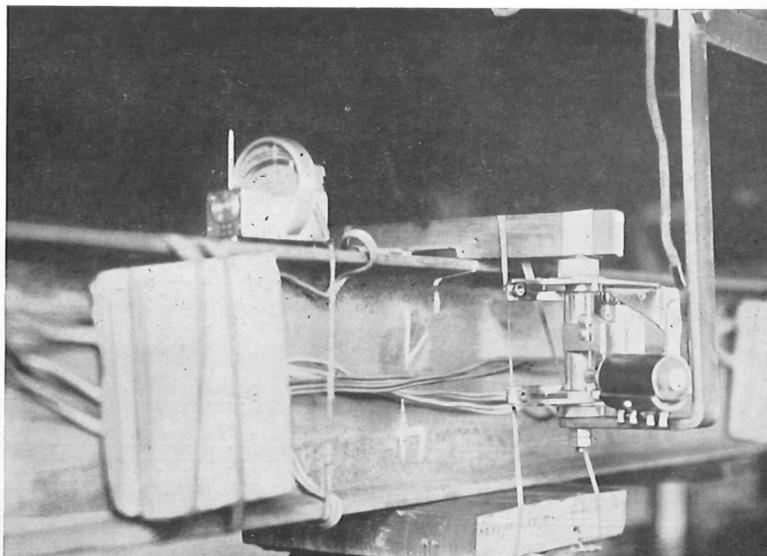
Pendant les vingt-cinq années écoulées, les questions relatives à l'élaboration, aux qualités et aux spécifications des aciers de construction ont fait l'objet de préoccupations et d'études nombreuses, principalement en rapport avec le recours à la soudure autogène comme moyen d'assemblage. Les constructeurs disposent de catégories d'acier présentant divers ordres de garanties et de résistance, tels que les aciers 37, 42 et 52. Il a été rappelé plus haut qu'en 1932, une ossature métallique continue entièrement soudée avait été exécutée en acier 58-65, selon les propositions mêmes d'une aciérie et moyennant un contrôle de soudabilité suffisante. Il a été rendu compte dans *L'Ossature Métallique* de la manière remarquable dont cette charpente avait supporté des bombardements violents en 1944 et avec quelle facilité elle avait pu être réparée. L'auteur ne peut s'empêcher de répéter ici une opinion qu'il a maintes fois exposée, à savoir que les questions de soudabilité n'ont pas, pour les charpentes et ossatures métalliques, dont la sollicitation est quasi exclusivement statique, l'importance qu'on leur prête pour d'autres ouvrages. Depuis les premières applications en Belgique de la

Fig. 4. Fleximètre enregistreur électronique utilisé par le Professeur Ch. Massonnet.

Fig. 5. Travaux de la C. E. C. M. Essais de voilement sur poutres à âme raidie. Aspect du panneau le plus voilé après mise hors service de la poutre.



soudure aux charpentes métalliques, qui datent de peu d'années avant le quart de siècle envisagé, il n'y a pas eu d'incidents graves, notoires, dus à la soudure et notamment aux ruptures fragiles. Il semble donc qu'il suffise d'éviter de graves erreurs de conception et de grossières malfaçons, d'avoir une connaissance suffisante de la soudabilité et des effets de la soudure : déformations, retrait, tensions de soudure, pour être à l'abri de l'insécurité. On peut donc admettre qu'à la suite des recherches, notamment des études statistiques, et des expériences pratiques acquises, les constructeurs arrivent en 1957 à posséder une bonne assurance en ce qui concerne les matériaux dont ils peuvent disposer pour les charpentes métalliques.



Exécution

A première vue, le domaine de l'exécution n'a pas subi, pendant les vingt-cinq ans envisagés, une évolution très caractérisée, mais ce n'est là peut-être qu'une impression superficielle. La généralisation de la soudure favorise la préfabrication d'éléments assez importants, réalisés en atelier, et tend à réduire des soudures de montage, voire à les éviter. Ceci exige une plus grande attention à l'exécution dès le début, en ce sens que de plus en plus la conception générale, l'exécution et le montage sont considérés dans l'étude dès l'origine et sont interdépendants. Ceci a conduit dans de nombreux cas à des dispositions spéciales de montage, qu'il n'est pas possible de rappeler ici.

Mais il en résulte une mécanisation de plus en plus poussée, recourant à des moyens de manutention toujours plus puissants et permettant une notable accélération, dont le succès est cependant lié au soin de l'étude préalable.

Enrobage de béton, protection contre l'incendie

Si les charpentes industrielles sont généralement nues et si même, au début du siècle, à l'époque du *modern-style*, les architectes ont parfois laissé apparaître des éléments de charpentes métalliques pour assurer des fonctions esthétiques, en leur imposant souvent des formes assez inattendues, pendant les vingt-cinq dernières années, les ossatures de bâtiments ont généralement été habillées, ne fût-ce que pour assurer leur protection contre les effets d'incendie et contre la corrosion. L'emploi croissant du béton a conduit à l'association de la charpente métallique avec l'enrobage en béton et il a été reconnu, dès le début de la période considérée, que cet enrobage conférerait un surcroît de rigidité et de résistance à la charpente. Ceci a ouvert la voie au calcul de la construction mixte, qui a fait l'objet de plusieurs études dans *L'Ossature Métallique*, notamment sous la plume de M. L. Baes.

L'attrait croissant de la précontrainte a conduit à la combiner avec l'enrobage de béton, par la déformation préalable des poutrelles enrobées. Il s'agit cependant

là d'une technique qui est surtout applicable à l'atelier et qui produit des éléments spécialement appropriés pour des tabliers de portée moyenne et assez lourdement chargés sortant donc apparemment et jusqu'à présent du domaine de la charpente métallique proprement dite.

On peut naturellement faire à l'enrobage de béton une objection générale, celle d'alourdir la construction, alors que la construction métallique doit rechercher la légèreté. L'enrobage est donc surtout justifié et favorable dans tous les cas où le revêtement de la charpente est une nécessité constructive.

Protection contre la corrosion

Lorsqu'elle n'est pas assurée par un enrobage de béton ou un autre revêtement, cette protection doit être assurée par d'autres moyens, en rapport avec le caractère plus ou moins corrodant de l'ambiance. Ce sont donc surtout les parties exposées aux intempéries extérieures ou à des atmosphères agressives d'usines qui requièrent le plus d'attention. Ces questions sont aussi mieux connues en 1957 qu'en 1932, ou du moins leur connaissance est plus générale et les constructeurs disposent de moyens de protection éprouvés. Cela est dû en grande partie aux travaux de la Commission IV de l'Association belge pour l'étude, l'essai et l'emploi des matériaux.

Divers procédés de métallisation confèrent des degrés de protection assez inégaux. Finalement, le moyen le plus usité réside dans les peintures protectrices, dont l'efficacité exige une bonne connaissance des préparations de surface ou des traitements équivalents. On comprend que l'application des peintures dans les atmosphères très agressives, par exemple des usines chimiques, puisse réserver de sérieuses difficultés.

L'utilisation, peu répandue encore, de la précontrainte dans les charpentes métalliques, doit s'accompagner des précautions spéciales de protection. L'enrobage de béton des câbles et de leurs ancrages est exclu en principe, à cause du poids. Or, ces câbles fortement tendus sont particulièrement exposés à la corrosion, comme aussi leurs ancrages. Il est donc nécessaire de

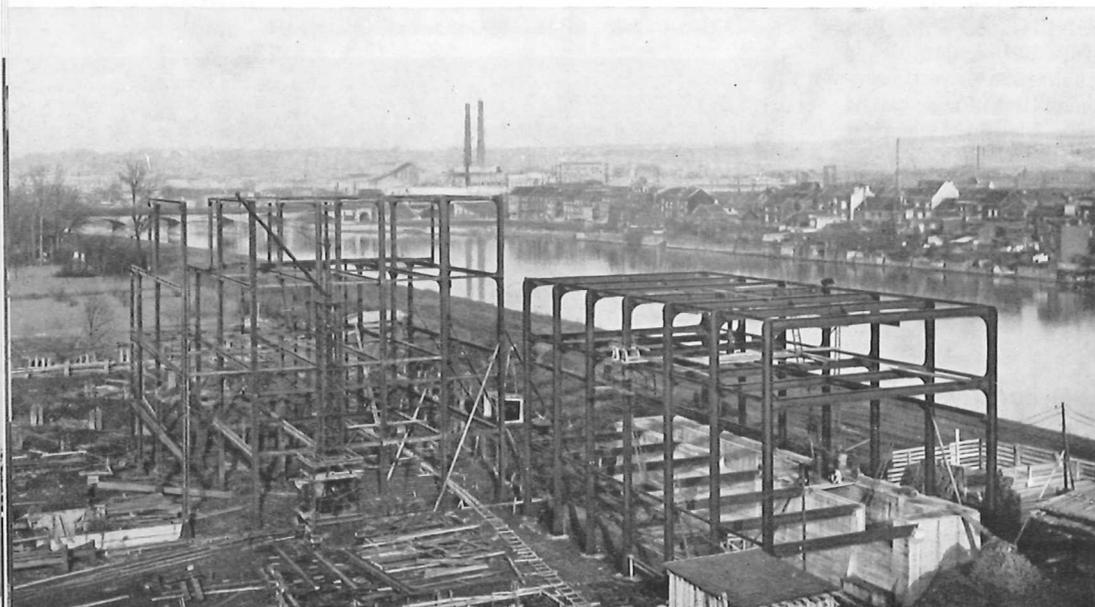


Fig. 6. Chantier des Instituts Universitaires du Val-Benoît à Liège.

Fig. 7. Sections des poutrelles enrobées du type ordinaire et du type « Preflex ».

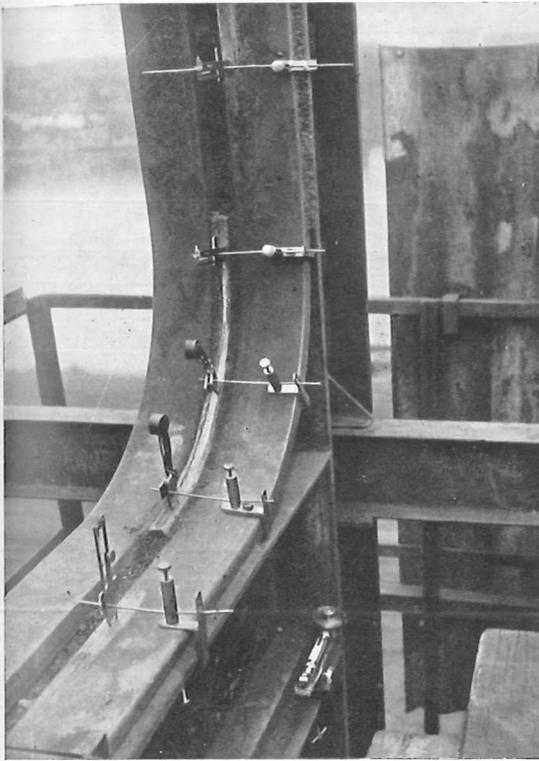
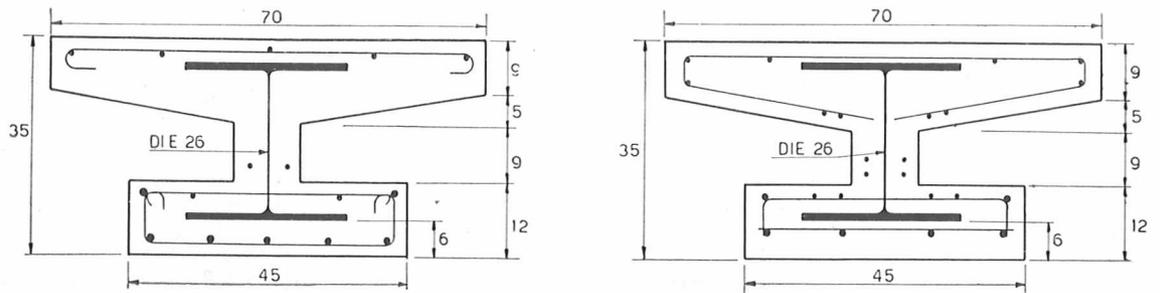


Fig. 8. Dispositif de fixation des extensomètres Huggenberger pour l'étude des nœuds de charpente de l'Institut du Génie Civil de l'Université de Liège.

les enduire de revêtements protecteurs efficaces, durables, stables, contrôlés et renouvelés à temps.

Domaines d'utilisation

Pendant les vingt-cinq années écoulées, les charpentes métalliques ont conservé en Belgique leurs positions traditionnelles dans les constructions industrielles : usines, halles industrielles, centrales thermiques, han-

Fig. 9. Ossature en acier du nouveau bâtiment de bureaux de la S.A. John Cockerill à Seraing.

gars d'aviation, garages, pylônes de diverses hauteurs, réservoirs de gaz, d'eau, etc. Ces constructions ont bénéficié des progrès de conception générale qui ont été exposés plus haut, ce qui a permis d'augmenter les portées et de réduire ou de supprimer les appuis intermédiaires. De nombreux articles ont été publiés à ce sujet dans les fascicules de *L'Ossature Métallique*, comportant notamment de nombreuses références au système Robert et Musette.

On trouve aussi de nombreuses applications aux toitures des grands édifices, notamment des salles de spectacles et des halles sportives, les tribunes de stades. Aussi dans les aménagements intérieurs des salles de spectacles ou destinées à contenir de grandes foules : gradins, encorbellements, etc.

La construction métallique triomphe naturellement dans tous les édifices temporaires, notamment les halles d'expositions, les estrades, les tribunes. Les systèmes de charpentes temporaires à montage rapide par assemblages amovibles à serrage et friction se sont considérablement développés pendant ce quart de siècle, aussi pour les échafaudages, cintres, étançons, appuis provisoires, etc., notamment par l'emploi des tubes, qui sont particulièrement appropriés à cet usage comme profil résistant et comme forme.

L'essor de la radio et de la télévision, qui s'est produit largement pendant le quart de siècle écoulé, a donné lieu en Belgique, comme dans les autres pays, à l'érection de nombreux pylônes de grande hauteur, caractérisés par la discrétion de leur aspect, leur apparence gracieuse et aérienne, leur faible obstacle au vent, leur légèreté, la facilité de leur montage et leur économie. Leur entretien est facile aussi et n'entache pas leur économie.

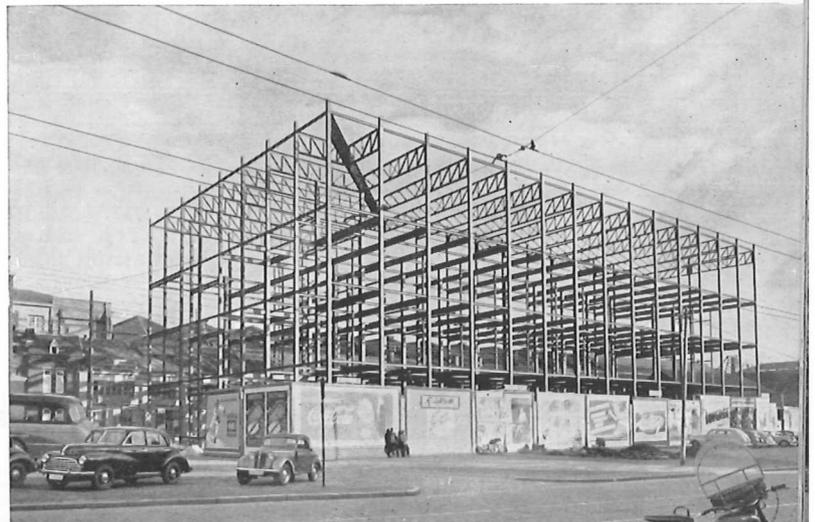




Fig. 10. Gratte-ciel « Torengebouw » à Anvers.

Il y a enfin un domaine important dans lequel la charpente métallique s'est introduite en Belgique avec succès, mais pas encore avec le développement qu'il a atteint dans certains pays étrangers : c'est celui des ossatures de grands bâtiments à étages. Le caractère et la limitation de cet article ne permettent pas à l'auteur d'approfondir ce point, mais le Professeur J. Verdeyen l'a fait excellemment dans le n° 7-8 de 1952 de *L'Ossature Métallique*. Il serait superflu de le paraphraser; ses conclusions sont restées inaltérées. L'ossature métallique n'est pas encore entrée dans les traditions constructives belges, en raison principalement du

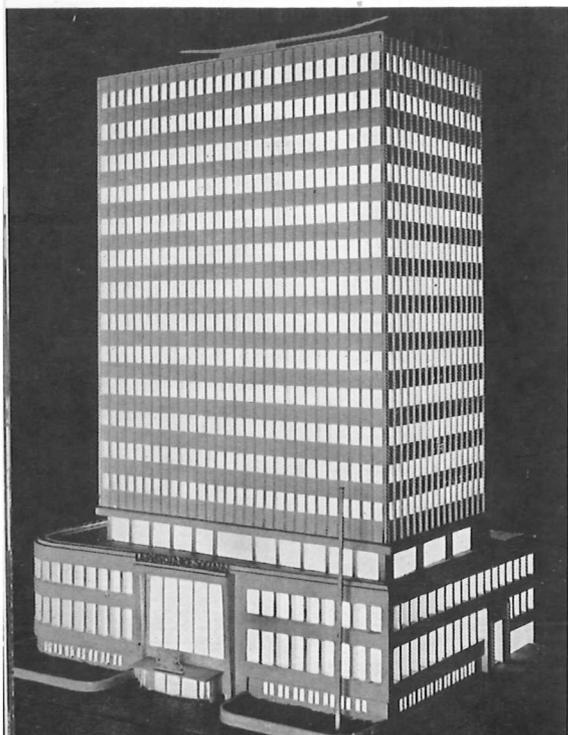


Fig. 11. Maquette du gratte-ciel de la Prévoyance Sociale à Bruxelles.

fait que la hauteur des immeubles y reste généralement modérée. Après le gratte-ciel d'Anvers, antérieur à 1932, il a fallu attendre 1957 pour voir ériger celui de la Prévoyance Sociale à Bruxelles.

Entre ces deux immeubles caractéristiques de l'ossature en acier, il y a eu, de 1932 à 1935 de nombreuses et importantes applications, mais de moindre hauteur et basées sur des raisons particulières : grandes portées, lourdes charges, grandes baies d'éclairage, etc. Il s'agissait généralement donc d'immeubles spéciaux : universités, laboratoires, grands magasins, hôpitaux, instituts scientifiques et grands édifices publics, grands hôtels financiers; aussi de nombreux grands immeubles de bureaux ou à appartements.

Il était cependant réconfortant de voir à Paris, à la place de la Concorde, paraître la firme d'un atelier de construction belge sur la charpente métallique de la nouvelle ambassade des Etats-Unis dans la capitale française, en 1932, alors qu'avait lieu dans la Ville Lumière le premier Congrès de l'Association Internationale des Ponts et Charpentes (voir le n° 3 de 1933 de *L'Ossature Métallique*). Et il l'est tout autant d'apprendre, vers la fin du quart de siècle consécutif (voir le n° 7-8 de 1956 de *Acier-Stahl-Steel*), qu'un autre atelier de construction belge a enlevé la commande de l'ossature métallique d'un immeuble de trente étages, en voie d'édification à New York et réalisé en acier belge.

L'évolution à poursuivre

Revenant pour conclure à son point de départ, l'auteur reprend ce point que l'évolution importante de la charpente métallique en Belgique, de 1932 à 1957, était déjà amorcée en 1932 et n'est pas entièrement achevée en 1957. Mais le terme est bien en vue et cette fois l'hésitation n'est plus permise. Les influences conjoncturelles sont maintenant dépassées par des modifications de structure.

Il faut parfaire l'évolution orientée vers l'allègement, par une meilleure utilisation de la matière, réalisant une réduction effective de prix et assurant une moindre dépendance de la conjoncture, non seulement au point de vue du prix de matières premières, mais aussi des délais d'approvisionnement.

Ceci exige comme dernier stade un affranchissement des programmes de laminage par l'utilisation de produits plats combinée avec les procédés de formage à adaptation rapide : découpage, soudage, emboutissage, pliage. L'automatisation de ces techniques peut être évidemment d'un grand secours. La meilleure connaissance de l'instabilité des parois minces et des moyens divers d'y parer permettra l'utilisation de profils légers, d'épaisseurs d'ailleurs diverses, employés seuls ou en association avec le béton. Cet allègement augmentera en même temps la capacité de défense de la charpente d'acier par rapport aux alliages légers, dont le développement commence à poindre.

F. C.