

*Première leçon a*

**INTRODUCTION GENERALE DU COURS**

*par*

**M. F. CAMPUS**

**Caractères Généraux des Constructions Métalliques  
et leurs Perspectives d'Evolution**

# CARACTERES GENERAUX DES CONSTRUCTIONS METALLIQUES

## ET LEURS PERSPECTIVES D'EVOLUTION

par

P. CAMPUS

Le caractère technique principal, qui domine toute la construction métallique et qui constitue son point fort, est la résistance élevée et sûre des matériaux presque exclusifs qu'elle utilise : les aciers. Cette grande résistance s'accompagne d'une grande rigidité. Ceci ne réclame vraiment pas beaucoup de commentaires. Peut-être est-il opportun d'attirer l'attention sur un rapport qui n'est pas assez explicitement considéré dans la construction métallique, c'est le rapport au poids spécifique de la résistance, à la traction par exemple. Ce rapport est appelé la résistance spécifique et il a pour dimension physique une longueur. Il représente en effet la longueur maximum d'une tige verticale tendue, au-delà de laquelle elle se romprait sous son propre poids. Pour l'acier 37, c'est 4750 m. pour l'acier 52, c'est 6650 m. Si l'on se réfère à la tension admissible, au lieu de la résistance de rupture on obtient 1800 et 2700 m. Parmi les matériaux susceptibles d'un emploi économique en construction, seul le bois peut approcher ou atteindre cet ordre de grandeur et seul les alliages d'aluminium peuvent le dépasser. Mais le bois présente par rapport à l'acier des inconvénients connus de caractère technique et économique, cependant que l'aluminium est encore d'un prix trop élevé pour que le bénéfice de sa haute résistance spécifique puisse se traduire en avantages économiques.

La haute résistance spécifique fait régner la construction métallique sans partage pour les très grandes portées, par exemple, atteignant ou dépassant 400 à 500 m. Mais de tels ouvrages sont exceptionnels et d'ailleurs très coûteux. La résistance spécifique élevée favorise aussi l'acier pour toutes les structures dont il faut réduire le poids pour des raisons de montage, de manutention ou de capacité de transport, notamment les appareils de manutention, les ouvrages mobiles du génie civil, les navires, le matériel roulant ferroviaire et routier, les constructions aéronautiques, etc... Progressive-ment cependant et principalement pour les applications dans lesquelles la réduction de poids est de la plus grande nécessité, les métaux légers se substituent totalement ou partiellement à l'acier (matériel roulant, avions). Certaines applications restent du domaine quasi exclusif de l'acier à cause de sa résistance élevée en valeur absolue, ce sont les corps creux sous forte pression, notamment les conduites forcées. Ce facteur intervient aussi dans l'emploi des aciers pour les pylônes très élevés, mais la légèreté y intervient également, surtout pour le transport et le montage. Dans ce cas, un avantage

particulier de la construction métallique peut être la facilité d'évidement de la structure, pour réduire l'effet du vent. La légèreté favorise aussi l'emploi de l'acier dans les pays économiquement peu développés, pour des facilités d'expédition et de transport, mais cet avantage s'atténue progressivement avec le développement de ces régions.

Au point de vue économique, la construction métallique bénéficie de l'état remarquable de l'industrie sidérurgique, caractérisée par une production considérable d'acier à un prix favorable par rapport à celui des autres métaux. Cependant, les formes et les caractères mêmes de la production de l'acier entraînent certaines difficultés susceptibles de défavoriser la construction métallique dans la compétition avec d'autres modes de construction.

Alors que le béton et le béton armé ou précontraint utilisent presque exclusivement des matières premières, telles que le sable et le gravier, ou qui y sont assimilables, comme les pierres cassées et les ciments, l'acier utilisé par la construction métallique est un produit industriel déjà très élaboré, bien que demi fini par rapport à la structure dans laquelle il entre. Il se présente sous des formes définies et limitées en nombre : barres, plats, tôles, profilés, tubes, fils, éventuellement câbles. Ces formes ne se laissent que difficilement modifier à grands frais. Le degré d'adaptabilité du matériau est donc assez faible, comparé à celui que confère aux ouvrages en béton, armé ou non, le caractère informe de leurs constituants. L'acier n'intervient dans le béton armé ou précontraint que pour une proportion très faible et sous des formes telles que la conformation des armatures est encore relativement aisée et économique.

On a évoqué souvent, notamment à propos de construction soudée, l'opportunité de profils nouveaux. Ce n'est qu'une solution très partielle du problème, car elle ne change rien à sa nature ; elle peut tout au plus en déplacer les données ou les difficultés. On s'étonnera d'autant moins qu'elle n'ait pas reçu de suites importantes que le laminage de nouveaux profils soulève de sérieux problèmes économiques.

La constitution de profils par soudure permet certes une adaptation, mais elle est coûteuse ; elle n'a guère obtenu de succès que pour des fabrications assez spéciales et permettant une marge économique assez confortable, par exemple dans la construction mécanique : bâtis, engins de manutention, etc... Il en est à fortiori ainsi de moyen de façonnage et de formage plus limités encore dans les dimensions, comme l'estampage. Cependant, la soudure bien organisée, par exemple automatique, permet en combinaison avec l'oxy-coupage, la confection économique en petite série de certains éléments, tels que des poutres évidées, lorsqu'une résistance élevée peut être associée à un allègement réel.

Cependant, dans l'ensemble, l'adaptabilité des formes commerciales de l'acier pour la construction métallique est faible.

D'autre part, les caractères économiques de la sidérurgie et la complexité du marché de l'acier entraînent des fluctuations caractérisées qui influencent considérablement la construction métallique. Ceci peut résulter de ce que les économistes appellent la conjoncture. Par exemple, lors de la grande

crise de 1930 à 1935, les sidérurgistes belges n'appréciaient guère des conceptions et des méthodes nouvelles qui conduisaient à des diminutions de poids considérables par rapport aux errements ordinaires en matière d'ossatures métalliques de bâtiments. Actuellement, en période de haute conjoncture, on ne parvient qu'avec peine et avec beaucoup de retards à obtenir les aciers nécessaires pour la construction d'ouvrages métalliques dont les dispositions ont cependant été étudiées en vue de la légèreté. Si l'on considère attentivement l'évolution de la sidérurgie, notamment en Belgique, au cours du demi siècle écoulé, on peut même discerner des modifications moins aléatoires que celles résultant de la conjoncture et ayant le caractère que les économistes appellent structurel. Avant la guerre de 1914-1918, l'activité caractérisée de la construction métallique belge à l'étranger pouvait être considérée comme un moyen avantageux d'exporter à la fois les produits de la sidérurgie d'alors, en même temps que le travail de la main d'oeuvre et des ingénieurs belges. Depuis lors, la sidérurgie a constamment fait des efforts en vue de la fabrication de produits plus élaborés, de plus haute qualité et d'un prix plus élevé, susceptibles d'exportation directe avantageuse. Les changements fondamentaux intervenus dans l'économie peuvent aussi favoriser l'exportation directe des produits sidérurgiques de préférence à leur transformation préalable en Belgique. On peut donc penser que les conditions économiques n'ont généralement pas été très propices à la construction métallique, du moins dans ce pays.

Une analyse sommaire du prix de revient conduit à des conclusions analogues. Elle ne peut nécessairement être ici que très générale et très approximative et fixer seulement des ordres de grandeur. Cette réserve est de rigueur et ne peut être perdue de vue dans l'appréciation de ce qui suit. D'une documentation privée dont j'ai disposé, j'ai extrait l'analyse suivante. Dans le prix d'une construction métallique au départ de l'atelier, la part proportionnelle des différents postes serait

Matériaux : 63,2 %	}	36,8 %
Main d'oeuvre d'atelier : 10,5 %		
Frais généraux : 15,8 %		
Bénéfice : 10,5 %		

A cela s'ajouterait pour les travaux de chantier et le transport, 18,4 % en plus.

Bien entendu, ceci peut être variable, notamment selon les circonstances du transport. Cette répartition serait valable en période favorable et la part globale de l'atelier serait encore susceptible d'être diminuée en période de sous-emploi.

D'après cela, la part du prix des matériaux dans la construction métallique est à ce point prépondérante qu'elle restreint non seulement très fort la marge de profit, mais même celle du prix de fabrication proprement dit, c'est-à-dire la part de la construction.

Il faut conclure de tout ce qui précède que les conditions techniques et économiques du développement de la construction métallique résident dans l'allègement. Tel m'est apparu déjà le problème il y a plus d'un quart de siècle. Les travaux récents du Comité pour l'étude des constructions

métalliques (C.E.C.M.) permettent de penser que son état ne s'est pas beaucoup modifié entretemps. Les résultats favorables des travaux du C.E.C.M. sont susceptibles de développements techniques et économiques favorables, par une revivification de la vieille industrie de la construction métallique. La voie indiquée est bien celle de l'allègement.

Naturellement, cet allègement ne peut techniquement compromettre la sécurité ni économiquement entraîner une augmentation de prix, mais doit au contraire le réduire. Ces conditions peuvent être toutes satisfaites. Ces constructions allégées peuvent même présenter une sécurité supérieure à celle de constructions anciennes plus lourdes mais éventuellement mal conçues. Naturellement, ces résultats ne peuvent pas être attendus de la routine, mais seulement d'un effort effectif de perfectionnement réel, portant sur toutes les phases de la construction.

D'abord sur les connaissances et les études, qui doivent être plus fondées, plus approfondies, plus éclairées, tant en ce qui concerne toutes les propriétés des matériaux, leurs formes utilisables, leurs sollicitations réelles le fonctionnement statique et dynamique des constructions, les modes d'assemblage, les procédés d'usinage. Il semble inutile d'entrer ici dans une analyse plus détaillée ; il suffit de se référer au programme du cours postuniversitaire pour mettre en évidence les nombreux aspects à considérer. Je me bornerai à souligner les questions très importantes d'instabilité et celles de l'utilisation des tôles minces pliées à froid. Ces dernières feront l'objet d'exposés de première main par un éminent spécialiste américain, le Professeur WINTER, qui seront certes d'un intérêt exceptionnel pour les ingénieurs belges.

Ensuite sur les formes constructives plus adéquates, liées d'ailleurs à ce qui vient d'être dit. Sur ce point, je crois cependant devoir mettre en garde contre deux tendances souvent conjuguées. D'une part, des préjugés défavorables, comme il s'en est manifesté contre certaines formes rationnelles de goussets, d'autre part, des préjugés d'une autre nature confinant à l'esprit de la mode. Par exemple, la prédominance des anciens systèmes triangulés, nés de la graphostatique classique de CULLMANN et de RITTER, est à juste titre évincée dans beaucoup de cas par des structures à âme pleine. Il n'en est pas moins vrai que l'engouement à éventuellement changé de camp et qu'il ne faut pas à priori écarter les systèmes triangulés pour certaines applications.

Les méthodes d'assemblage nouvelles requièrent aussi une attention particulière. On connaît les avantages généraux du soudage, mais on sait les problèmes qu'il a fait naître et les précautions qu'il requiert. Par les boulons à haute résistance, un ancien système revient en honneur. Mais quel que soit le mode utilisé, on n'oubliera pas que les assemblages restent les points les plus délicats de toute construction métallique et on évitera l'erreur si souvent commise et qui fut parfois fatale, d'en sous-estimer l'importance et d'en négliger la conception et l'étude.

Enfin, correspondant à l'emploi de nouvelles formes de matériaux, de nouvelles formes constructives et de nouveaux modes d'assemblage, des méthodes d'usinage nouvelles sont nécessaires, plus perfectionnées, plus mécanisées,

permettant le recours à une main d'oeuvre plus qualifiée mais moins nombreuse. La manutention devra être à l'avenant, mais ce n'est sans doute pas là le point par lequel les ateliers ont le plus laissé à désirer dans le passé.

Tout cela représente une matière finalement vaste et complexe, requérant un fond important et solide de connaissances fondamentales de la construction sur lequel s'appuie implicitement le programme touffu des leçons qui suivront. Je forme des voeux pour que les auditeurs en tirent un plein profit et que la publication qui en sera faite puisse contribuer, avec celles du C.E.C.M. à faire progresser et prospérer la construction métallique dans notre pays. Je remercie tous les spécialistes qui présenteront ces leçons de leur concours précieux et appréciable. En particulier, je félicite MM.les Professeurs LOUIS et MASSONNET du succès de leur entreprise d'organisation de ce cours post-universitaire qui vient bien à propos, de leur programme si bien composé, enfin de l'esprit objectif et constructif qui les a animé, selon la tradition de l'enseignement de la construction à l'Université de Liège, invariablement impartiale.

---