

L'épopée de la poutrelle Grey

René Maquoi
Professeur émérite de l'Université de Liège,
r.maquoi@ulg.ac.be

Mots-clés : poutrelle, larges ailes, laminage

Résumé : La poutrelle Grey, dite aussi poutrelles à larges ailes, est un élément structural essentiel de la construction métallique, utilisé aujourd'hui très fréquemment dans les domaines du bâtiment et des ouvrages d'art, dans les constructions off-shore et pour les travaux d'infrastructure sous forme de pieux ou comme structure de parois de soutènement. La maîtrise de sa fabrication a été assez laborieuse. On évoque ici brièvement la genèse de ce type de profilés, les difficultés rencontrées pour sa commercialisation dans l'entre-deux-guerres et le rôle majeur joué par la « meter beam » au cours de la reconquête des territoires occupés par la Wehrmacht après le débarquement des alliés en juin 1944.

Introduction

A l'entame du 19^{ème} siècle, nos régions, à dominante agraire et artisanale, basculent vers une société commerciale et industrielle. Le chemin de fer connaît un prodigieux développement, d'où une demande soutenue en rails pour les voies ferrées et en éléments métalliques divers pour le matériel roulant. Ce nouveau mode de transport, d'abord établi sur la terre ferme avec des ouvrages de franchissement assez rudimentaires, s'adapte ensuite bientôt au paysage; la seconde moitié du siècle voit la construction de tunnels et de grands ponts et viaducs métalliques (Firth of Fourth, 1890 ; Garabit, 1884). En Belgique le plus long viaduc ferroviaire en acier n'est toutefois construit à Moresnet que durant la guerre 1914-1918. Outre atlantique, la fin de siècle est marquée par l'érection des premiers gratte-ciels à ossature en acier (Home Insurance à Chicago, 1884, NY Times à New-York, 1893, Flat Iron à New-York, 1902).

En parallèle, les modes de décarburation de la fonte se transforment profondément et l'acier supplante progressivement le fer et la fonte.

Genèse de la poutrelle Grey

En 1849, aux Forges de la Providence à Haumont, Halbou dépose un brevet pour une méthode de production par laminage de poutres en double té, dites poutres standards et en I parce que notablement plus hautes que larges. Apparaissent bientôt les cages universelles de laminoir comportant 4 cylindres disposés dans un même plan vertical - les 2 cylindres verticaux assurant la forme intérieure et le laminage de l'âme et les 2 cylindres horizontaux servant à façonner les ailes – mais on va néanmoins d'échec en échec. En s'efforçant de laminer, dans une seule cage, toutes les faces du profilé, en ce compris les bouts d'aile, on ne sait éviter la formation d'indésirables bavures. Les profilés produits de la sorte ne dépassent pas 550 mm en hauteur, l'âme reste assez massive et les faces internes des ailes étroites (≤ 200 mm) présente une dépouille de 14% qui rend problématique l'exécution des assemblages rivetés. Ce sont autant d'obstacles à la mise en œuvre de tels profilés. Ainsi, à la fin du 19^{ème} siècle, les éléments structuraux métalliques restent souvent reconstitués à partir de plats, cornières et tés assemblés par rivetage (fig. 1). Cette manière de construire est longue, laborieuse et coûteuse.



Figure 1 - Poutre à âme pleine rivetée (Photo : Collection privée)

A la même époque, de l'autre côté de l'Atlantique, les frères York conçoivent, à la suite de divers précurseurs, un procédé de laminage de poutrelles à larges ailes, dites aujourd'hui en H, appelées à remplacer les poutres conventionnelles assemblées par rivetage. Ils imaginent de séparer, dans une même cage, le laminage des épaisseurs et le refoulement des bouts d'aile ; le résultat ne répond toutefois pas pleinement à l'attente. En 1897, Henry Grey, embauché par Ironton Structural Steel Co à Duluth Minnesota, a l'idée de traiter le seul laminage des bouts d'aile dans une cage additionnelle, dite cage finisseuse ou refouleuse (fig. 2). Il dépose un brevet à cette fin. Toutefois, de l'état de prototype à celui d'une production industrielle, il y a un pas qu'il n'est guère facile de franchir!

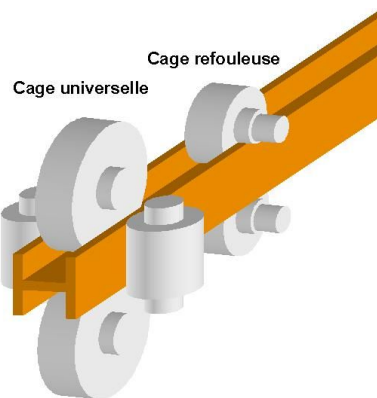


Figure 2 – Principe du laminage de profilés à larges ailes selon le brevet de Henry Grey

Pour fabriquer une poutrelle en I, il faut changer les cylindres du laminoir chaque fois qu'on souhaite laminier une poutrelle d'une autre dimension ; pour une poutre en H, selon la méthode de Grey, il suffit désormais de jouer sur l'écartement des cylindres. L'intérêt économique est donc évident.

Fort de cet avantage, Grey quitte son employeur pour se consacrer à la vente de ses droits de brevet. Il va présenter son invention aux capitaines des industries sidérurgiques locales mais doit déchanter devant le manque d'intérêt manifesté par ses interlocuteurs. Il réalise ainsi que nul n'est prophète en son pays; aussi regagne-t-il l'Europe de ses ancêtres et se rend-il à Luxembourg un jour de mai 1898 pour y rencontrer Paul Wurth. Ce dernier, jeune ingénieur luxembourgeois, dirige depuis 1891, un atelier de construction métallique à Luxembourg-Hollerich mais est aussi, et surtout, administrateur délégué de la SA des Mines et Hauts Fourneaux de Differdange. Grey lui montre notamment deux spécimens de poutrelles: l'une à larges ailes, l'autre à âme mince. Wurth est assurément un industriel clairvoyant qui ne manque pas de flair. Dès juillet 1898, il signe en effet avec Grey une option pour l'achat des droits de brevet pour la fabrication de poutrelles à larges ailes. Aussitôt deux émissaires luxembourgeois sont dépêchés aux Etats-Unis. Au terme d'un voyage aux multiples péripéties, durant lequel un contact télégraphique codé presque quotidien est maintenu avec Wurth, ils signent, sur ordre de ce dernier, et sans encore disposer de l'accord du Conseil d'Administration, un contrat en

bonne et due forme. En octobre 1898, le Conseil avalise ledit contrat et décide sur le champ la construction d'un laminoir Grey à Differdange.

Beaucoup d'aléas viennent jalonner la période de construction. L'année 1900 connaît une profonde crise du secteur sidérurgique et 1901 est une année de dépression. La catastrophe financière est évitée de justesse. Néanmoins, sous l'impulsion constante de Wurth et la supervision de Grey en personne, le nouveau laminoir est réalisé en un temps record. La première poutrelle à larges ailes est en effet produite le 1 juillet 1901.

Wurth souhaite laminier 4 séries de poutrelles pour chaque hauteur. Toutefois dans un premier temps il est décidé de ne laminier que les poutrelles allemandes à profil normal et à larges ailes ; le premier livret de profilés est publié en 1902 et les avantages du nouveau type de poutrelle y sont mis en exergue dans une table comparative.

De gros efforts de promotion sont aussitôt consentis, en particulier vers le Congo belge, et offre est déjà faite d'une livraison de profilés peints et parachevés. La nouvelle poutrelle suscite tout de même quelques réticences ; pour les vaincre, des essais en laboratoire sont notamment commandés à ETH Zurich en 1904 et d'autres suivront régulièrement, tant en Allemagne qu'en Suisse, jusqu'en 1930 au fur et à mesure que la gamme de profilés offerte s'étoffe.

La production des nouveaux profilés rencontre néanmoins de nombreuses difficultés techniques: l'ondulation des poutrelles requiert un redressement ultérieur, les contraintes internes génèrent des fissurations lors du refroidissement et la production s'accompagne d'une importante quantité de mitraille. Ces aléas sont néanmoins surmontés l'un après l'autre. Si Differdange est la première usine au monde à laminier des poutrelles à larges ailes dès 1901; il faut pourtant près de 20 années d'efforts ininterrompus pour leur assurer une qualité quasi parfaite.

Grey rentre aux Etats-Unis en 1902 ; il y reprend aussitôt contact avec Ch. Schwab. Ce dernier, alors qu'il était chez Carnegie, devenu US Steel dans l'intervalle, n'avait pu convaincre sa direction, quelques années plus tôt, d'acquiescer les droits du brevet de Grey. Il est désormais président de Bethlehem Steel et a cette fois les coudées plus franches ; il saisit cette fois l'opportunité qui lui avait été refusée. Il réussit à rassembler les capitaux nécessaires pour installer un train Grey et débute la production en 1908. Aux Etats-Unis, la demande de profilés à larges ailes est telle que le succès est tout de suite au rendez-vous et les bénéfices enregistrés permettent à Schwab d'éviter une banqueroute latente de sa société. La poutrelle à larges ailes s'affirme aussitôt comme la solution idéale pour la construction des bâtiments multi-étagés et de ponts de grande portée qui y voient le jour en ce début du XXème siècle.

Dès 1902, le train Grey de Differdange produit déjà des profilés de 750 mm de hauteur. L'année 1911 voit l'installation d'une nouvelle cage universelle supplémentaire, dite cage préparatrice, qui permet de sortir du blooming des ébauches plus massives. En juin de la même année, la première poutrelle de 1 mètre de hauteur est produite (fig. 3). Celle de 1100 mm de hauteur ne sort que bien plus tard de l'usine de Differdange, en 1987.

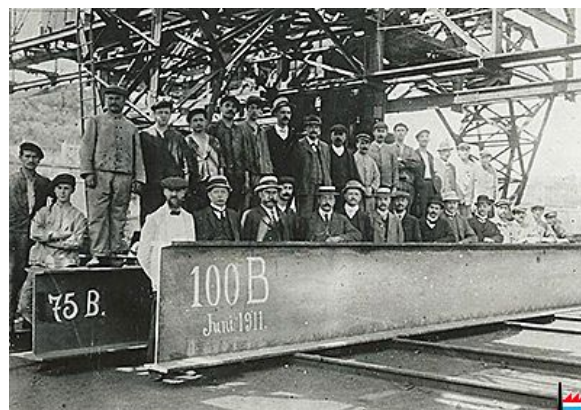


Figure 3 - Production de la première poutrelle Grey de 1 m de hauteur, 1911
(Photo : Archives HADIR)

En pionnier, les ateliers de P. Wurth construisent à Dommeldange, en 1905, le premier pont utilisant la poutrelle Grey (fig. 4); le pont sur la Moselle à Schengen suit en 1907-1909. Le remplacement du pont de chemin de fer de Landquardt (CH) en 1910 fait aussi appel aux poutrelles Grey. On notera, en 1916, la construction du pont de Vireux (F) sur la Meuse où il est usage, pour l'une des toutes premières fois, de poutrelles Grey de 1000 mm de haut, en l'espèce pour les maîtresses-poutres (tirants) du bow-string (fig. 5).



Figure 4 - Pont de Dommeldange (L): premier ouvrage à base de poutres Grey, 1905
(Photo : Archives Paul Wurth S.A.)



Figure 5 - Pont de Vireux (F): mise en œuvre précoce de la poutre Grey de 1 mètre (1916)
(Photo : Revue *Stahl und Eisen*, n°11, 1920)

En 1913, on procède à l'ajout d'un train préparateur intercalé entre le blooming et le train finisseur afin de produire divers types de poutrelles se différenciant par des épaisseurs relatives variables pour l'âme et les semelles : DIE (économique), DIN (normale), DIR (série renforcée) et, plus tard, DIL (série à âme mince).

Dans l'intervalle, la dépouille des faces internes des ailes est réduite à 9%, une amélioration par rapport aux 14% requis jusqu'alors. Mais l'année 1916 consacre le laminage de poutrelles avec des ailes à faces parallèles, soit à dépouille nulle; le train Grey de Differdange lui est désormais réservé.

De 55 t en 1901, la production du train Grey atteint 90000 t en 1910, 113000 t en 1911 et 139500 t en 1913. Cette période est marquée par une importante grève en 1912. Durant la première guerre, l'armée allemande est le principal utilisateur de la poutrelle Grey; elle l'utilise dans des constructions du génie militaire, principalement pour réaliser de petits ponts sur le champ de bataille. Il reste qu'à partir de 1916 et après une nouvelle grève en 1917, le train Grey accuse une importante chute de production.

La guerre de 1914-1918 s'achève par la mise sous séquestre français des installations de Differdange. Un polytechnicien français, Th. Laurent, agit, au nom d'un consortium d'industriels luxembourgeois, français et belges pour récupérer les biens allemands et devient président de la Société des Hauts Fourneaux et Aciéries de Differdange-St Ingbert-Rumelange, soit plus simplement HADIR, fondée en 1920.

A la sortie de la Grande Guerre, la production du train Grey repart pratiquement de zéro et reste assez timide. D'une part, l'Allemagne, son principal client, a perdu la guerre et se trouve dans une situation économique catastrophique. D'autre part, en 1919, le Luxembourg perd les avantages liés au Zollverein, une union douanière allemande à laquelle il s'était trouvé associé bien que n'ayant pas intégré l'empire allemand fondé en 1871.

Après 1925, une période d'années prometteuses est interrompue par la grande crise de 1929-1930. Une importante modernisation du train Grey intervient en 1931 ; elle marque un nouvel essor des installations qui n'est à nouveau que de courte durée en raison des incertitudes nées à l'approche de la seconde guerre mondiale.

Utilisation de la poutrelle Grey

Commercialisation et distribution des produits HADIR sont désormais assurées par DAVUM (acronyme de « Société de Dépôt et d'Agence de Vente d'Usines Métallurgiques ») qui consent un effort publicitaire important pour promouvoir la poutrelle à larges ailes. Les expositions de Liège (1930), Bruxelles (1935) et Paris (1937) sont autant d'opportunités pour le Grand-Duché de Luxembourg de mettre sa production sidérurgique en évidence ; tel un phallus de 35 m de hauteur, un assemblage de trois poutrelles Grey de 1 m de hauteur domine l'esplanade à Bruxelles et à Paris tandis qu'un stand présente l'offre complète des poutrelles produites à Differdange.

Dès 1948, dans la perspective d'un marché outre-atlantique, la production de séries de profilés dits américains voit le jour. D'autres gammes suivent : des profilés britanniques, des profilés russes et des profilés japonais.

Dès son apparition, la poutrelle Grey de taille modeste est utilisée comme poteau électrique, linteau, étauçonnement du blindage de grandes fouilles ou soutènement des galeries principales de charbonnages. Pour les raisons déjà évoquées, la poutrelle Grey ne s'implante chez nous qu'assez lentement dans le domaine du bâtiment ; il faut pratiquement attendre l'entre-deux-guerres pour relever des réalisations significatives : ainsi un immeuble à ossature métallique sur le Boulevard Saint-Michel à Etterbeek et surtout le premier immeuble tour («Torengbouw») érigé à Antwerpen. Ce dernier fait par ailleurs l'objet d'un autre exposé.

Les plus grandes sections sont notamment utilisées pour réaliser des chevalements d'un nouveau type sur les sites charbonniers; elles entrent dans la construction de tabliers de ponts multi-poutres, tel l'ouvrage de franchissement des voies ferroviaires avenue de la Reine à Schaerbeek. Le canal Albert reliant Liège à Anwerpen, creusé entre 1930 et 1939, requiert un grand nombre de ponts ; la poutrelle vient constituer la membrure de certains des ponts Vierendeel entièrement soudés dont certains passeront à la postérité en raison du phénomène de rupture fragile dont ils sont l'objet.

Mais la poutrelle Grey va laisser sa marque dans l'Histoire à l'occasion de la seconde guerre mondiale.

En 1940, dès le début de la guerre, les installations de Differdange sont une nouvelle fois occupées par l'armée allemande. Le refus de la direction de collaborer avec l'Occupant entraîne la mise sous séquestre allemand de l'usine et HADIR devient Differdinger Stahlwerke AG.

Une nouvelle fois, une large part de la production est destinée à l'armée d'occupation pour les travaux de fortification du front ouest. Les années de guerre se passent puis surviennent le débarquement en Normandie et la libération des territoires occupés. L'aviation alliée, d'une part, et les mouvements de résistance, d'autre part, conjuguent leurs efforts pour saper les ouvrages d'art, désorganiser les réseaux routier et ferroviaire en même temps que les armées en retraite font sauter les ponts restants après leur passage. La progression des Alliés est subordonnée à divers travaux de reconstruction, ceux des ouvrages de franchissement en particulier. Dans cette reconquête, l'usine de Differdange va jouer un rôle clef.

Déjà au moment du débarquement, le gouvernement luxembourgeois en exil suggère aux alliés d'utiliser les poutrelles de HADIR pour reconstruire les ponts sur le Rhin, dont tout le monde est convaincu que les nazis vont les faire sauter sans exception lors de leur retraite.

Selon les comptes-rendus de l'armée américaine, celle-ci découvre, en arrivant à Cherbourg, un important stock de « meter beams », poutrelles Grey de 1 m de hauteur et de 25 m de long. Un officier du corps des « Advance Section Engineers» observe que toutes ces poutres portent une même empreinte : HADIR. Mais à Differdange, destination désormais prioritaire, tout est pratiquement à l'arrêt ; si le minerai ne manque guère, le charbon et la chaux font par contre défaut. Des trains de ces derniers matériaux vont pour ainsi dire suivre la ligne de front. A la libération de Differdange le 10 septembre 1944, la direction de HADIR entreprend de relancer un outil qui n'a pas trop souffert ; elle est épaulée par le personnel de l'usine et par l'armée américaine, qui va fournir une aide logistique substantielle. Exactement 10 jours plus tard, une première charge de poutrelles quitte l'usine. Au jour V, en mai 1945, pas moins de 70.000 tonnes de poutrelles Grey auront été fabriquées. Le principal client est désormais une armée arborant un autre étendard et ayant déjà développé la technique des «meter beams». La constitution des ponts-rails à reconstruire est en effet standardisée en fonction de la portée des travées: les poutrelles sont soit individuelles pour les courtes portées, soit éventuellement jumelées par 2 ou par 3 – auquel cas leurs ailes sont alors soudées sur chantier de manière à constituer un caisson – pour les portées plus importantes. Un exemple remarquable est le premier pont-rail sur le Rhin, à Wesel, ouvert au trafic le 9 avril 1945 ; à voie unique, d'une longueur totale de 790 m et d'un poids de 2140 tonnes, il est construit en 10 jours seulement par 3000 pontonniers qui se relaient jour et nuit ; il reçoit le nom de Robert A. Gouldin Bridge, en hommage à l'un de ses édificateurs mort sur le chantier. D'autres exemples marquants sont les ponts de Kaltenherberg et de Kornelimünster (fig. 6), à proximité de la frontière belgo-allemande, et le Roosevelt Memorial Bridge à Mainz. En Belgique, on peut notamment citer les ponts de Trois-Ponts, Roanne-Coo et de l'île Monsin.

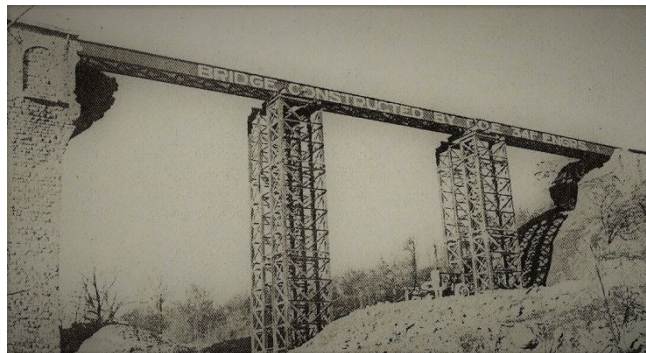


Figure 6 - Pont de Kornelimünster (D): reconstruction à l'aide de « meter beams », déc. 1944
(Photo : HADIR, *Les poutrelles Grey au service des armées alliées*)

En octobre 1945, en témoignage de reconnaissance envers les membres de l'usine de Differdange, la société HADIR se voit remettre la US Army A-Award Flag et reçoit, le mois suivant, la citation correspondante.

L'après-guerre en bref

Si la fin de la guerre 1940-45 s'accompagne d'un spectaculaire décollage de la production des poutrelles Grey, la production totale de l'usine HADIR démarre plus lentement car seul le train Grey va tirer profit des territoires dévastés par la guerre. Il faut attendre le début des années 50 pour que les installations, mises en quelque sorte à la diète depuis plus de 20 ans, retrouvent des investissements importants qui sont consacrés à une complète modernisation de l'outil et connaissent une formidable expansion qui marquera la seconde moitié de XXème siècle.

En 1965, ARBED S.A. (Aciéries Réunies de Burbach-Eich-Dudelange), fondée en 1911, prend une participation majoritaire dans HADIR et les deux sociétés fusionnent en 1967 sous le nom de ARBED Differdange. La nouvelle société vivra moins de 20 ans jusqu'à ce qu'intervienne un rapprochement avec les groupes espagnol ACERALIA et français USINOR et qu'un géant européen de l'acier ne voit

le jour en 1982 sous le nom de ARCELOR qui se laisse capturé en 2002 par un industriel indien au terme d'un mémorable bras de fer: ARCELOR-MITTAL est né.

Mais ceci est une autre histoire

Pour en savoir ... un peu plus

- Baes, L. (1930). *Les profilés à larges ailes et les profilés de grande hauteur*. Congrès International de la Construction Métallique, Liège.
- Beck, A. M., Bortz, A., Lynch, Ch. W., Mayo, L. & Weld, R. F. (1985). *The Corps of Engineers: The War Against Germany*. US Army in World War II, The Technical Services.
- Biver, J. (1988). *L'Usine de Differdange*. Korspronk, n°11.
- Fawler, J. W. (2010): *Henry Grey and the Bethlehem beam*. Thesis, Master of Arts in History, Lehigh University.
- Kaëll, N. (2007). *Parcours centenaire de l'usine de Differdange*. In *Differdange : Cent ans d'histoires*. Ville de Differdange.
- Redo, J. & Colette, J. (2003). *100 ans de laminage de poutrelles Grey*. Korspronk, n°19.
- Warren, K. (2010). *Bethlehem Steel: Builder and Arsenal*. University of Pittsburgh.
- Warren, K. (1998). *The history of the US Army Corps of Engineers*, Office of History Headquarters, U.S. Army Corps of Engineers, Alexandria, Virginia.
- Wermiel, S. E. (2009). *Introduction of steel columns in US buildings, 1862-1920*. Engineering History and Heritage, n° 162, Issue EHI.
- Anonyme. *Un pont-rails militaire : Le « Robert A. Gouldin Bridge »*. Centre Belgo-Luxembourgeois d'Information de l'Acier, *L'Ossature Métallique*, 1945, n°5-6.
- *Steel: The First Century of the United States Steel Corporation 1901-2001*. University of Pittsburgh, 2001.
- Bösenberg, H. *Arbeiten deutscher Eisenbau-Werke aus den Kriegsjahren 1914 bis 1918*. Stahl und Eisen, Zeitschrift für das deutsche Eisenhüttenwesen, 1920, n° 11, 15 et 16.
- HADIR : *Les poutrelles Grey au service des armées alliées - 1944-1945*.