

L'OSSATURE MÉTALLIQUE

REVUE MENSUELLE DES APPLICATIONS DE L'ACIER

14^e ANNÉE - N° 2

FÉVRIER 1949



Construction et Restauration de la charpente métallique de l'Institut du Génie Civil de l'Université de Liège

Dans le numéro 12-1948, *L'Ossature Métallique* a publié une importante étude du Professeur F. Campus sur la construction et restauration de la charpente métallique continue soudée en acier à haute résistance de l'Institut du Génie Civil de l'Université de Liège. Cette étude est complétée par deux articles qui paraissent dans le présent numéro. L'un d'eux, portant la signature de M. H. Louis, Ingénieur en Chef-Directeur des Ponts et Chaussées, a pour titre : « Relevé des dégâts et reconstruction de la charpente »; l'autre, dû à M. P. Galler, Ingénieur à la S. A. d'Ougrée-Marihaye, décrit l'exécution des réparations.

Ces trois articles sont suivis d'une courte description des dégâts causés à l'ossature métallique rivée de l'Institut de Chimie et de Métallurgie, ainsi que de leur réparation.

L'ensemble de ces quatre études constitue un document hautement intéressant qui montre la grande résistance des ossatures en acier aux effets des bombardements et la facilité relative de leur restauration.

O. M.

Henri Louis,
Ingénieur en Chef-
Directeur des Ponts et Chaussées
Chargé du cours libre
de constructions soudées
à l'Université de Liège

Relevé des dégâts existant à la charpente soudée de l'Institut du Génie Civil

Quatorze fermes de la charpente sur vingt-cinq ont été sinistrées plus ou moins gravement : certaines ont reçu des coups directs tandis que la plupart étaient endommagées par suite de coups d'impact ou d'un effet de souffle sur les hourdis supportés par les poutres des fermes.

Les ruptures, les déchirures et les déformations importantes se sont manifestées par l'éclatement du béton d'enrobage; une fissuration de ce dernier correspondait généralement à des fissures dans les cordons de soudure. La charpente a été prospectée minutieusement; dès que l'on constatait la moindre fissure du béton d'enro-

bage, celui-ci a été décapé afin de permettre l'examen du métal de l'ossature.

Rappelons que les poutres et les colonnes de la charpente sont constituées par un profil laminé en I auquel sont fixées deux semelles. Ces semelles, plus larges que les tables du I, sont reliées à ces dernières par des cordons de soudure continus sur la longueur des nœuds et discontinus en dehors des nœuds.

Les coups d'impact et les effets de souffle sur les hourdis en béton armé supportés par les poutres ont eu pour conséquences directes : la rupture, la fissuration ou la déformation élastique



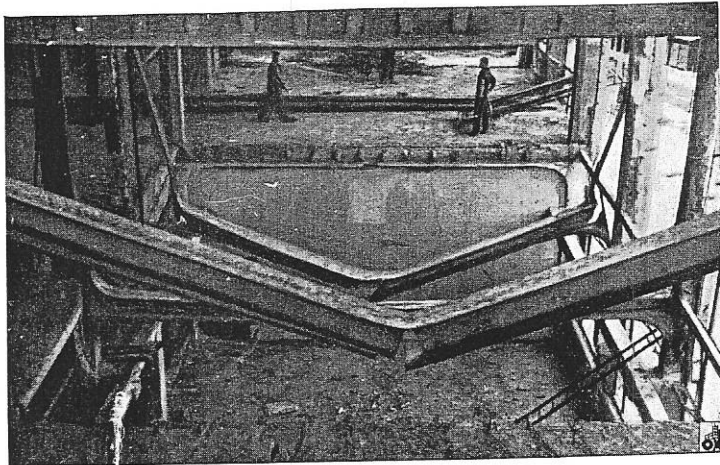


Fig. 61. Vue partielle de l'aile Ouest de l'Institut du Génie Civil.

de ces hourdis et comme conséquences indirectes pour les poutres : une rupture, une déformation permanente importante parfois accompagnée d'une rupture partielle ou une déformation élastique. La rupture des poutres a eu lieu au milieu de la portée (fig. 61 et 67, p. 70) ou à l'extrémité des nœuds (fig. 62 et 63). Les ruptures ou les déformations des poutres ont eu comme effet le développement d'efforts de traction et de moments fléchissants au droit des nœuds des colonnes de la charpente.

La conséquence la moins importante de cette sollicitation a consisté en de très nombreux endroits dans la rupture des cordons de soudure continus ou discontinus reliant le profil I et les semelles rapportées (côté nœud) constituant les colonnes (fig. 65).

La rupture de ces cordons était parfois accompagnée d'un léger décollement de la semelle rapportée (côté nœud) (fig. 66 et 68) ou d'un décollement très important de cette semelle ayant donné lieu à un allongement permanent considérable (fig. 62 et 63).

Enfin, sous l'effet des mêmes sollicitations, mais plus accentuées, les semelles rapportées se sont rompues (fig. 66 et 69), en même temps que des ruptures apparaissaient dans les nœuds (fig. 63).

Pour les colonnes en façade des fermes I_3 , I_6 et I_{11} , la rupture des cordons reliant la semelle rapportée intérieure au profil I s'est propagée dans le patin intérieur et dans l'âme du profil (fig. 72). A l'extrémité du décollement de la

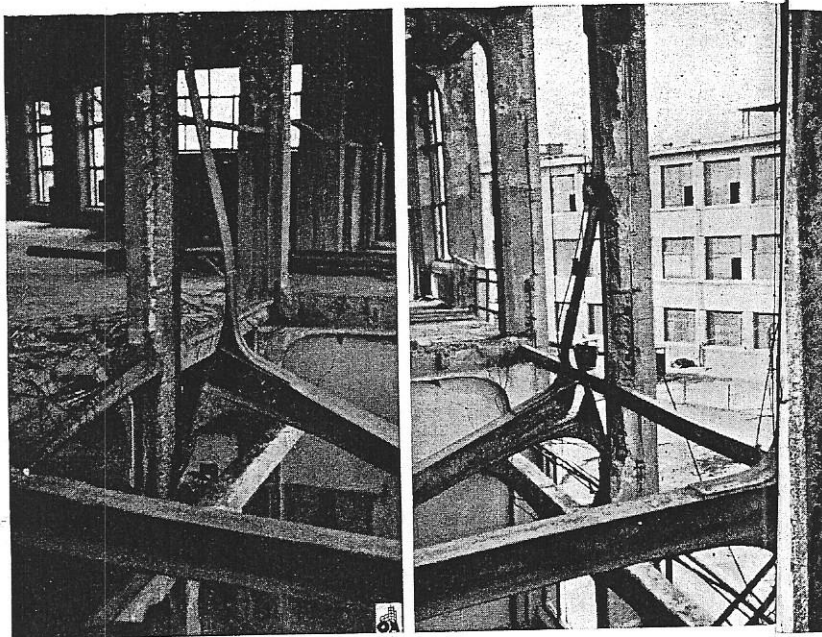


Fig. 62-63. Ferme I_{11} : nœud j (à gauche) et nœud i (à droite). Pour l'emplacement des fermes, voir la figure 748 du N° 12-1948 de *L'Ossature Métallique*.





Fig. 64. Vue de la ferme II, poteau jg.

semelle rapportée (côté poutre rompue) d'une colonne de la ferme I₃, la rupture des cordons de soudure discontinus reliant cette semelle au patin du profil I, s'est propagée dans le patin et dans l'âme du profil (fig. 66 et 72). Dans la colonne en façade de la ferme I₇, dont une poutre s'est rompue, la soudure fixant au patin du profil I la semelle rapportée intérieure était rompue sur toute la hauteur du nœud et une fissure s'est produite dans le congé qui relie le patin

intérieur et l'âme du profil I constituant la colonne.

Certaines colonnes ont été touchées par des coups directs ou se trouvaient à proximité immédiate d'un point de chute.

La colonne en façade de la ferme II₁ (fig. 64 et 72) a reçu un coup direct au-dessus d'un nœud. L'âme du profil I constituant la partie centrale de la colonne est rompue, en trois endroits, tandis que la semelle rapportée intérieure est rompue un peu au delà de l'enracinement du nœud et décollée du patin, dont elle s'écarte d'environ 30 centimètres au droit de la rupture. La semelle courbe supérieure du nœud est déformée et rompue. La partie de la colonne située au-dessus du nœud est déversée vers l'intérieur du bâtiment; la poutre et la partie inférieure du nœud sont intactes et n'ont pas subi de déformation apparente.

A la ferme I₁₀, une colonne intérieure s'est rompue en deux endroits (fig. 75); ces ruptures intéressent particulièrement le profil I constituant la partie centrale de la section de

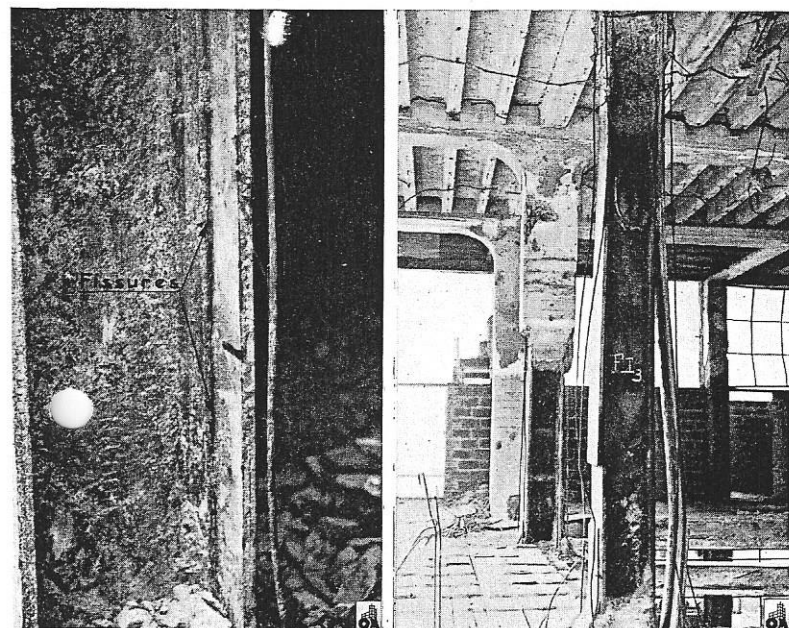


Fig. 65-66. Ferme IV₆, poteau du sous-sol, fissure des cordons fixant la semelle rapportée aux poteaux du profil I. Ferme I₃, poteau kp.

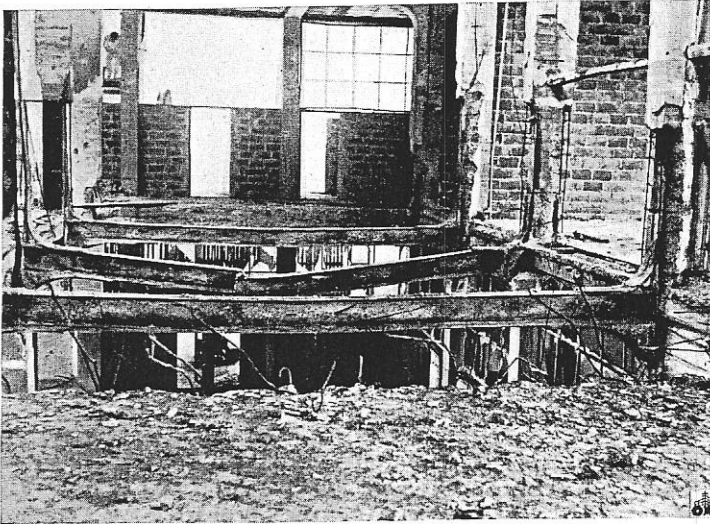


Fig. 67. Vue partielle de l'aile Sud montrant également la ferme I₃.

la colonne. Aux extrémités du tronçon de colonne rompu, les nœuds ont subi des déformations importantes sans montrer aucune trace de rupture, ni même de fissuration des cordons de soudure.

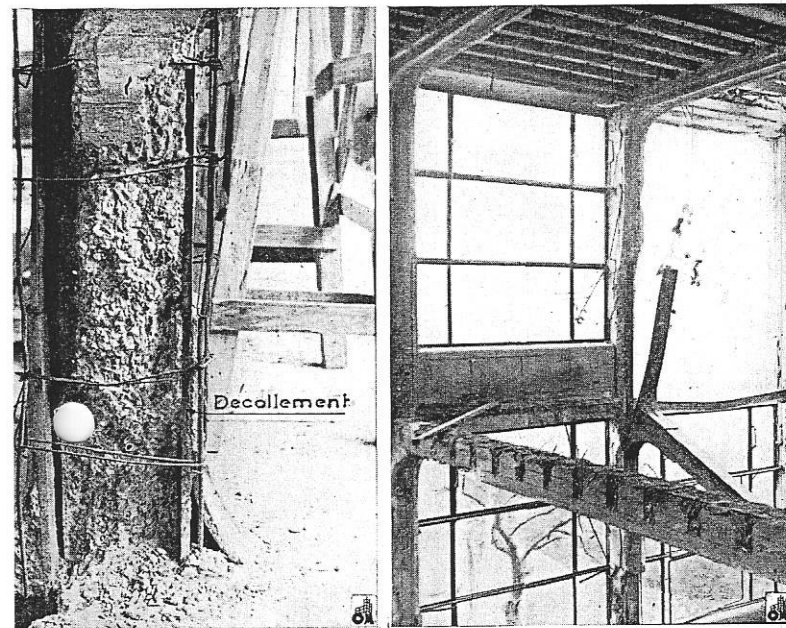
A la ferme IV₆, un point d'impact se trouve à deux mètres du pied de la colonne endomma-

gée. Le dé en béton de la fondation a été déporté de 160 mm vers l'intérieur du bâtiment; la colonne qui repose sur ce dé a suivi celui-ci dans son mouvement et s'est déformée d'une manière importante immédiatement au dessous du niveau du rez-de-chaussée (fig. 76 et 79).

Restauration de la charpente

La charpente soudée ne pouvait être restaurée qu'en utilisant la soudure; en effet une réparation utilisant la rivure aurait eu pour conséquence des joints épais de grandes dimensions, incompatibles avec le fait que les parties restaurées devaient se raccorder sans discontinuité avec les parties restées intactes et que la charpente est enrobée de béton, l'épaisseur de l'enrobage étant au maximum de 6 cm. Le principe de la réparation par soudure étant admis, il fallait tenir compte du fait que la majeure partie de la charpente était intacte et qu'elle supportait encore la plupart des hourdis en béton; les soudures devaient donc être exécutées dans des conditions défavorables au point de vue du retrait. Les effets de celui-ci devaient être réduits le plus possible par un choix convenable des assemblages et de la nature des cordons de soudure.

Fig. 68-69. Ferme I₄: type de décollement (à gauche). Ferme I₈: nœud m (à droite).



Au cours des travaux de réparation, on s'est astreint à ne réparer ou à ne remplacer que ce qui était endommagé, c'est-à-dire à maintenir toutes les parties de la charpente restées intactes, même lorsqu'elles se trouvaient à proximité immédiate des parties endommagées. On a effectué ainsi une véritable prothèse métallique.

Réparation des fissures des cordons reliant les semelles rapportées au profil I des colonnes

Les cordons fissurés ont été brûlés à l'arc électrique, les précautions les plus grandes ayant été prises, avec succès, pour n'entamer ni les semelles rapportées ni les poutrelles. Les semelles ont ensuite été à nouveau fixées mais en exécutant des *cordons de soudure continus*. La soudure a été exécutée en position verticale descendante pour le premier cordon, en position verticale montante pour le deuxième cordon.

Lorsque la semelle rapportée était *légèrement* écartée du patin, des serre-joints ont été utilisés, pour ramener le contact entre les deux éléments.

Lorsque l'écartement était de l'ordre de 20 mm, un vérin hydraulique placé sur un étau sous la poutre permettait de redresser celle-ci et de ramener la semelle rapportée contre le profil I de la colonne.

Lorsque la semelle avait subi une déformation permanente rendant impossible sa remise en place, elle a été remplacée sur une certaine longueur. Le tronçon nouveau était, à une extrémité, relié à la semelle restante par une *soudure bout à bout en V* (en corniche : horizontale dans un plan vertical), dont le retrait était libre, tandis qu'à l'autre extrémité un couvre-joint fixé par des cordons d'angle le reliait à l'autre portion de semelle non endommagée.

Réparation des colonnes

Colonnes en façade des fermes I_3 et I_6 (fig. 70)

Bien que pour ces colonnes le patin intérieur du profil I soit rompu, on a seulement soudé un couvre-joint sur chaque face de l'âme, laissant ainsi, sans être compensée par un couvre-

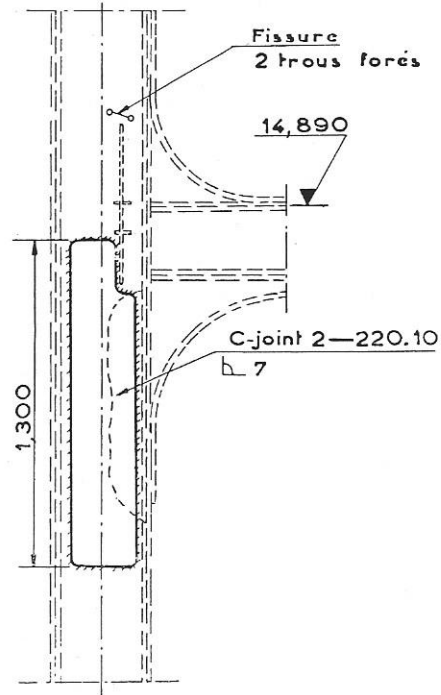


Fig. 70. Détail montrant le procédé utilisé pour la réparation des colonnes.

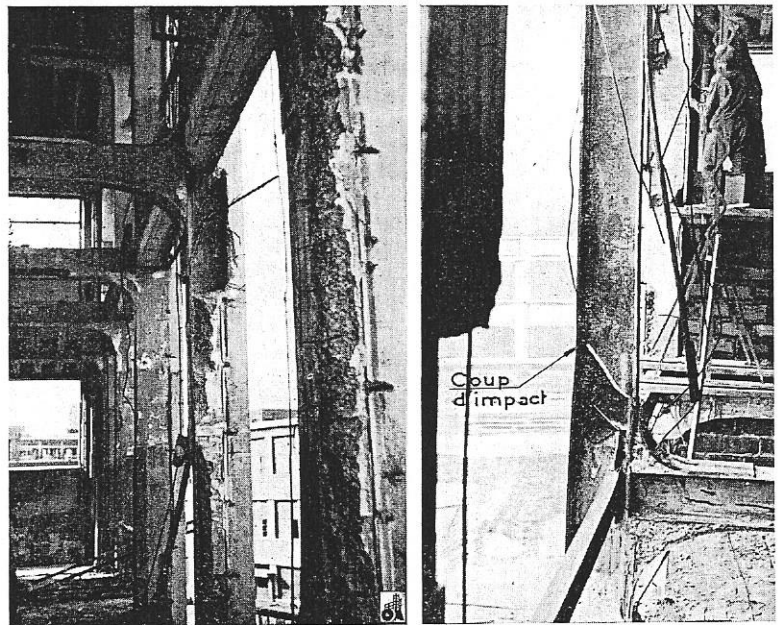


Fig. 71-72. Ferme I_{11} : nœud m (à gauche). Ferme II_1 : poteau jk et nœud g (à droite).

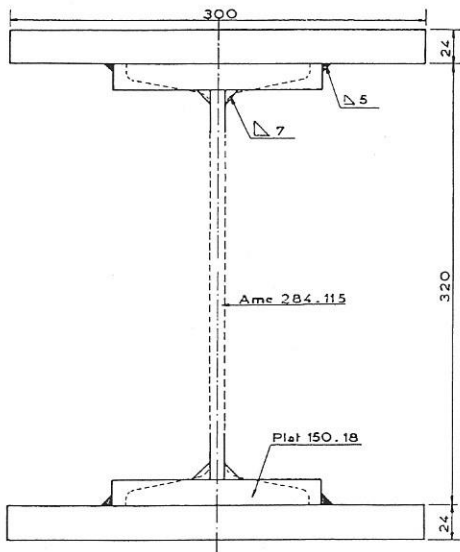


Fig. 73. Profil composé par soudure employée pour colonnes.

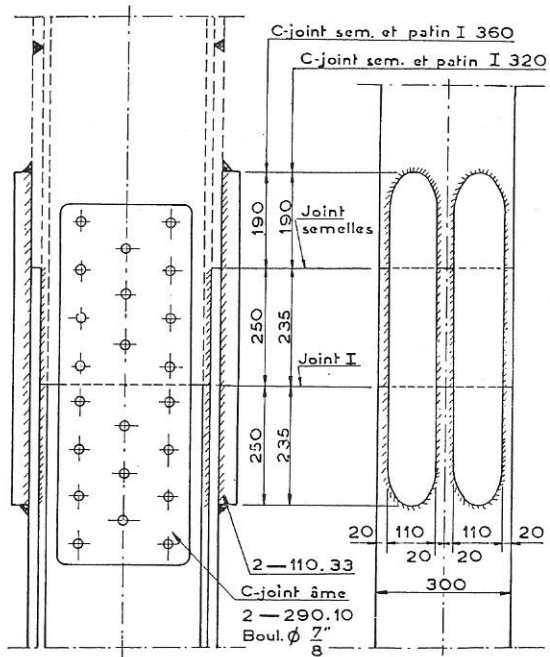


Fig. 74. Détails de construction des joints du profil I et des semelles rapportées.

joint, la rupture du patin. La rupture s'est en effet produite par suite du souffle tendant à soulever la poutre; cette sollicitation donne lieu à un moment fléchissant de sens contraire à celui provoqué par la sollicitation normale de la charpente. Celle-ci provoque un moment négatif qui a pour effet de comprimer le patin intérieur du profilé à la partie inférieure du nœud. Il n'y avait donc aucun danger à ne pas compenser par un couvre-joint la rupture à lèvres jointives de ce patin.

Réparation des colonnes rompues des fermes II_1 , I_3 et I_{10}

Les parties rompues des colonnes ont été sectionnées après avoir procédé à un étan-

Fig. 75-76. Ferme I_{10} : poteau nj (à gauche). Ferme IV_6 : poteau du sous-sol (à droite).



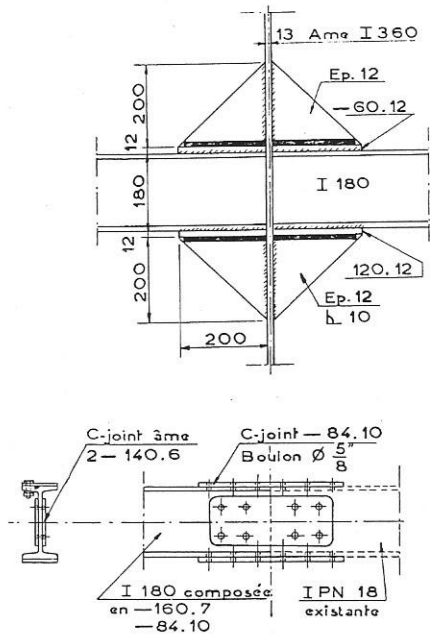


Fig. 77. Modifications apportées aux linteaux reliant les colonnes en façade.

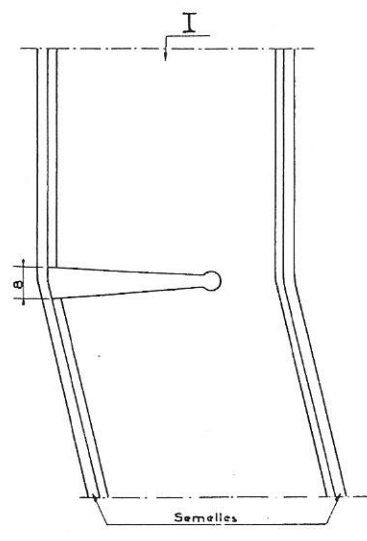
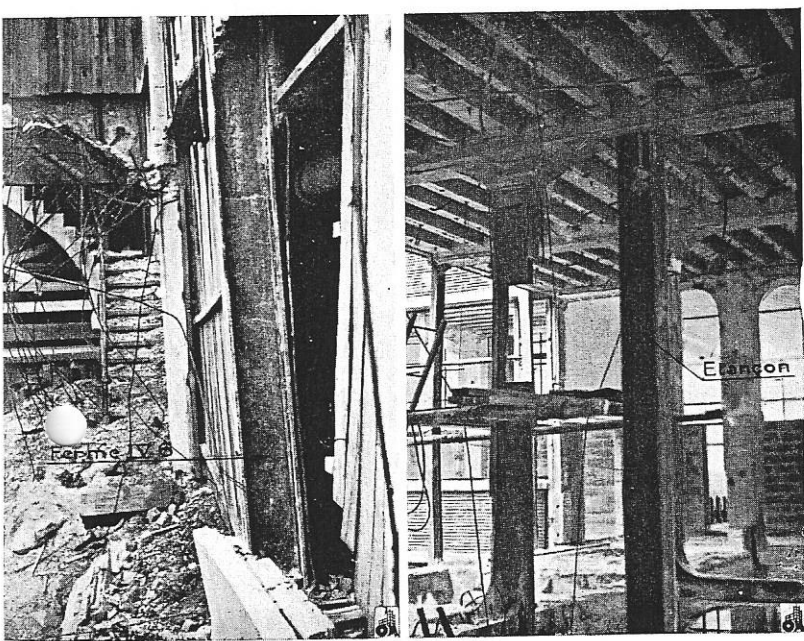


Fig. 78. Découpage d'une ouverture dans le profilé de la colonne en façade de la ferme IV₆.



çonnement soigné des fermes II₁ et I₃ (fig. 80), et après avoir monté un mât auquel était fixée la ferme I₁₀. Les parties endommagées ont été remplacées par des tronçons de colonnes de même section, sauf que le profil I central n'était pas un profil laminé (impossible à se procurer), mais un profil composé par soudure (fig. 73).

Les joints du profil I et des semelles rapportées étaient décalés (fig. 74). A une de leurs extrémités, les semelles rapportées étaient reliées aux parties non endommagées des semelles par des soudures bout à bout en V (à retrait libre). Le tronçon de poutrelle nouveau était, à cette extrémité, relié à la poutrelle restante par des couvre-joints, compensant la semelle de la poutrelle, fixés par cordons d'angle latéraux et par

Fig. 79-80. Ferme IV₆ : poteau du sous-sol (à gauche). Etançonnement des fermes après sectionnement des colonnes (à droite).



des couvre-joints d'âme fixés par boulons (toutes ces conditions permettaient d'obtenir des effets de retrait minima).

A l'autre extrémité du tronçon rapporté, les couvre-joints de patin compensaient non seulement les patins de la poutrelle I, mais aussi la section des semelles rapportées; ils étaient fixés par des cordons d'angle latéraux.

Lorsque le tronçon rapporté s'étendait de part et d'autre d'un nœud non endommagé de la charpente, celui-ci a d'abord été détaché de la colonne rompue en brûlant les cordons au moyen d'un chalumeau (ce qui nécessite les plus grandes précautions pour ne pas brûler le métal du nœud); le nœud était ensuite resoudé après mise en place du tronçon de colonne rapporté.

Le remplacement d'un tronçon de colonne a nécessité l'enlèvement et le remplacement des linteaux reliant les colonnes en façade (fig. 77).

Colonne en façade de la ferme IV₆ (hydraulique) (fig 76 et 79).

Les plats rapportés furent préalablement détachés du profil I jusqu'au pied de la colonne afin de diminuer la raideur de celle-ci et de faciliter ainsi son redressement.

Au droit du pli un trou fut foré dans l'âme du profilé et à partir de ce trou on a découpé dans le profilé (y compris la semelle) une ouver-

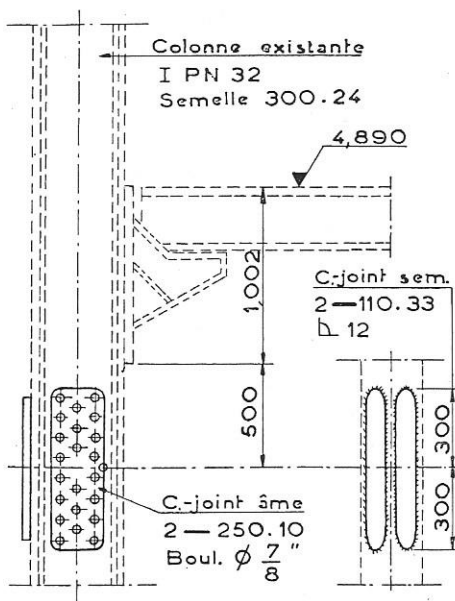


Fig. 81. Détails de réparation de la colonne en façade de la ferme IV₆.

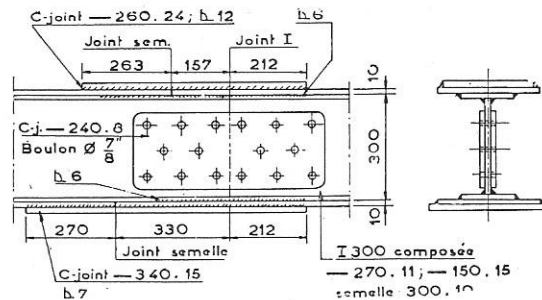


Fig. 82. Détail montrant la conception des joints de poutres.

ture de forme triangulaire (fig. 78). On a chauffé au rouge sombre (à 650°) au moyen de puissants chalumeaux la partie à redresser. On a ensuite opéré une traction à la base de la colonne au moyen d'un treuil.

Après redressement et soudure par cordons latéraux continus des semelles rapportées, on a placé sur la semelle rapportée située du côté de l'ouverture du profilé, un couvre-joint fixé par cordons d'angle, compensant le joint du patin et un double couvre-joint d'âme boulonné (fig. 81).

Réparation des poutres

Les poutres fortement déformées ou rompues ont été remplacées.

Lorsque les nœuds étaient intacts ou très peu déformés, seule la partie centrale de la poutre a été remplacée.

Lorsqu'un nœud seul était intact, la poutre et l'autre nœud étaient exécutés d'une pièce à l'atelier.

Quand les deux nœuds étaient à remplacer, on n'a pas pu, par suite des déformations d'ensemble de la charpente, réaliser à l'atelier une poutre attendant aux deux nœuds et venir la placer entre les colonnes. Il a été nécessaire de réaliser un joint dans l'entretoise. Les joints des poutres nouvelles étaient placés au 1/6 de la portée.

La figure 82 est relative à la conception des joints de poutres. Ces joints ne comprennent aucune soudure en bout, ils sont prévus de manière à réaliser les soudures dans la position à plat. Les couvre-joints d'âme sont boulonnés.

En vue de faciliter le montage, les joints de poutres ne sont pas normaux à l'axe longitudinal de la pièce mais légèrement inclinés sur cet axe.

H. L.



Pierre Galler,

Ingénieur
à la S. A. d'Ougrée-Marihaye

Exécution des réparations

Généralités

A première vue, la réparation d'une ossature de bâtiment sinistré par les bombardements n'est pas chose aisée, surtout lorsqu'il s'agit d'une charpente métallique soudée et enrobée de béton. D'une part, l'observateur est frappé par le désolant fouillis des destructions, d'autre part, le béton ne permet pas de déceler immédiatement la gravité des avaries de l'ossature métallique, enfin la construction soudée ne paraît pas se prêter facilement aux réparations et transformations.

Dans le cas particulier de l'Institut du Génie Civil, les réparations ont cependant été exécutées rapidement et sans difficultés spéciales. Cela est dû à l'heureuse conception de l'ossature de ce bâtiment, et à la mise en application d'une bonne méthode de travail.

Les notes suivantes mettent ce second point en valeur.

Dans l'une et l'autre aile du corps principal, la réparation présentait deux aspects bien distincts :

a) Remise en état des colonnes dont les semelles rapportées, fixées aux fûts par soudure discontinue, étaient décollées parfois sur de grandes hauteurs (voir figures dans l'article de M. Louis : *Relevé des dégâts et restauration de la charpente*).

Cette remise en état ne présente rien de spécial (nettoyer, clamer et remplacer l'ancienne soudure discontinue par une soudure continue exécutée en position verticale); elle ne sera pas considérée davantage.

b) Réparation proprement dite de la charpente détruite, fissurée ou déformée.

L'aile Sud demandait beaucoup de petites réparations, le remplacement de petites poutres horizontales, l'emploi d'étaçonnements nombreux impliquant l'intervention de monteurs munis de matériel léger et moyen. Dans l'aile Ouest, beaucoup plus atteinte, le remplacement d'une colonne entière, de nombreuses poutres, de linteaux, de plusieurs nœuds nécessitait un matériel

de montage lourd, dont deux mâts (fig. 83, p. 76).

La tâche la plus urgente était de restaurer l'aile Sud qui abritait le laboratoire d'Essais des Constructions du Génie Civil. Circonstance heureuse puisque la réparation de l'aile Ouest, plus atteinte, ne pouvait être entamée immédiatement.

Les dégâts n'étaient pas toujours apparents. Bien souvent, des fissures de l'enrobage laissaient seules présumer d'une avarie. De cet aspect général des destructions, on pouvait tirer des conclusions générales :

1. Le décapage de toutes les parties abîmées ou douteuses s'imposait pour avoir une idée claire du travail; cela demandait du temps.

2. Pour aller vite, il fallait mettre en fabrication, quitte à les couper à longueur au moment voulu, les semelles, nœuds, poutres, colonnes, linteaux, destinés à remplacer ce qui était détruit ou franchement douteux; pour le reste, faire une approximation et approvisionner les éléments sans les assembler. Cette mesure était judicieuse puisqu'il s'agissait d'acier 56-65 kg/mm² à élaborer spécialement et que l'on devait exécuter les poutrelles en profils composés soudés, faute de pouvoir les approvisionner en laminés (les aciers de la première charpente avaient été laminés à Rodange).

3. Toujours pour gagner du temps, il convenait d'adopter une méthode générale de travail, dont on s'inspirerait pour résoudre tous les cas particuliers.

4. Le programme de la reconstruction apparaissait déjà dans ses grandes lignes. Comme il a été réalisé fidèlement, il en sera question plus loin, après un exposé de la méthode générale de travail.

Méthode générale de travail

Elle repose sur trois principes :

a) Maintenir le contact permanent avec l'Ad-



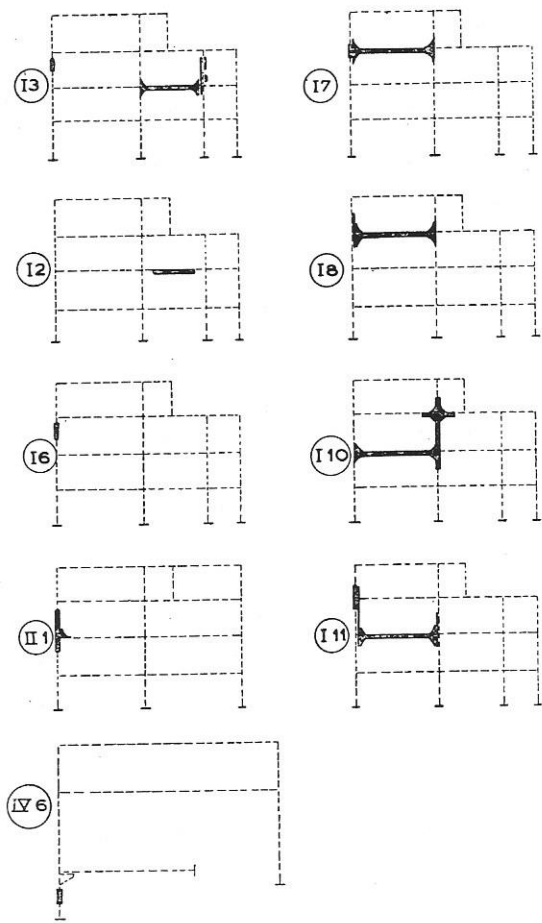


Fig. 83. Schéma des réparations des colonnes et poutres.

ministration des Ponts et Chaussées. On s'est spécialement attaché à la tenir au courant de la marche de l'entreprise, à lui exposer chaque mesure prise ou à prendre, au besoin à les discuter, lui signalant les erreurs, les ennuis survenus sur le chantier. De son côté l'Ingénieur dirigeant, M. Louis, ne nous a pas ménagé sa collaboration, par ses conseils ou ses interventions de toutes sortes. Cette façon de travailler « à découvert » permettait d'aller vite puisqu'elle évitait tout malentendu et toutes discussions à postériori.

b) Conserver les éléments sains de la charpente et enlever systématiquement tout ce qui était détruit, fissuré, déformé ou douteux.

On s'est inspiré d'une stricte économie et dans quelques cas particuliers, on a tiré le meilleur parti possible de la situation existante, sans plus.

c) Etudier des réparations types; les établir une fois pour toutes et s'en inspirer systématiquement dans chaque cas particulier. Cette méthode unifiée offrait le grand avantage de simplifier le travail à tous les échelons, relevé des cotes, traçage, parachèvement, montage et surveillance, supprimant les discussions, les erreurs, les indécisions, d'où gain de temps.

Si on a, par exemple, à remplacer un fût de colonne (fermes I₃-I₁₁) sans enlever les semelles rapportées, restées intactes au voisinage immédiat du fût rompu (fig. 84), il faut enlever au chalumeau les soudures réunissant le fût aux semelles rapportées sur une hauteur permettant un certain écartement de celles-ci, puis découper le fût par deux sections horizontales et enlever l'élément à remplacer. On peut alors mettre en place le nouvel élément (qui n'est plus un laminé mais une poutre composée soudée), et exécuter en position verticale les soudures fût-

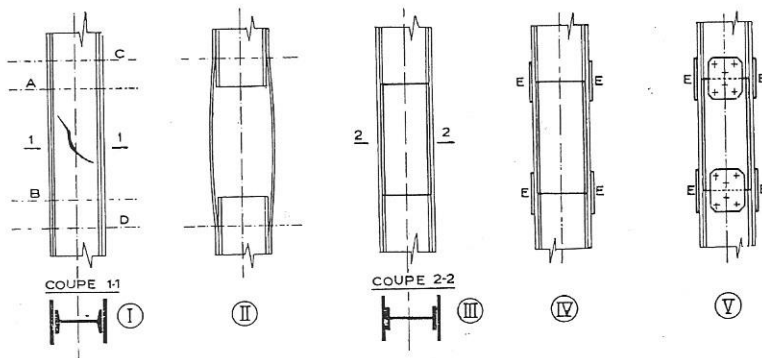


Fig. 84. Détails se rapportant au remplacement d'un fût de colonne.



semelles. On compense la section des patins du fût par des surépaisseurs soudées sur les semelles rapportées. Il reste à assembler les âmes. Pour cela on marque, fore et alèse les trous, puis l'on place et boulonne les couvre-joints d'âme.

Quand il s'agit de réparer les semelles rapportées des colonnes, trois cas peuvent se présenter.

1. La semelle est décollée et peu écartée du fût. Il faut nettoyer l'intervalle entre le fût et la semelle, appliquer à nouveau celle-ci contre le fût, la clamer et la souder au fût en position verticale, cordon continu.

2. Si la semelle est cassée en deux (ferme I_3) et que les lèvres sont peu écartées du fût, on nettoie puis on rapproche les lèvres, on clame et on soude au fût les deux parties de la semelle en soudure verticale et cordon continu. On compense alors la section de la semelle par un couvre-joint soudé. Pour obtenir une longueur suffisante de cordon de soudure sans encombrement inutile, les couvre-joints sont en deux pièces.

3. La semelle peut enfin être fortement avariée et il faut la remplacer. On l'enlève jusqu'à trouver une partie saine. La nouvelle semelle est appliquée contre la colonne et à une des extrémités elle est soudée bout à bout à la semelle restée en place. On exécute les soudures verticales continues fixant la semelle au fût. Enfin, à l'autre extrémité, on soude un couvre-joint. Dans certains cas, pour des raisons d'encombrement il a fallu couper la nouvelle semelle en deux, exécuter les deux joints d'extrémité par soudure en bout et le raccord intermédiaire par couvre-joint soudé (fig. 85).

Il y a, d'autre part, la réparation des poutres. Quand une poutre est peu déformée, elle est redressée au moyen d'un vérin hydraulique, sinon la partie déformée est remplacée (ferme I_2) par un élément de poutre composée soudée assemblée aux parties existantes par des joints de montage. Le joint de poutre se compose de couvre-joints

d'âme boulonnés et de couvre-joints soudés. Quand la poutre entière est à remplacer il faut s'assurer d'abord de l'état des semelles rapportées des colonnes et éventuellement les remplacer sur une certaine hauteur, comme indiqué précédemment.

Par suite des légères déformations d'ensemble subies par le bâtiment les portées théoriques n'étaient plus respectées. Aussi les poutres étaient soudées et assemblées aux nœuds en atelier, puis coupées en deux tronçons une fois les portées déterminées exactement. Le joint se trouvait au sixième de la portée et était en biseau de façon à faciliter le montage. On amenait deux demi-poutres munies de nœuds d'attache, on les fixait sur leur colonne respective, on soudait les nœuds aux semelles rapportées des colonnes puis on réalisait le joint de montage (fermes I_3 - I_7 - I_8 - I_{10} - I_{11}).

Il peut arriver qu'il n'y ait à remplacer qu'un nœud et un tronçon de poutre. Cela se fait de la même façon. A la ferme II_1 un demi-nœud a été remplacé.

La réparation de la ferme I_{10} (fig. 86) comprend l'enlèvement et le placement d'un fût de colonne, d'une poutre, de deux tronçons de poutres avec nœuds, de deux linteaux et de deux éléments de linteaux.

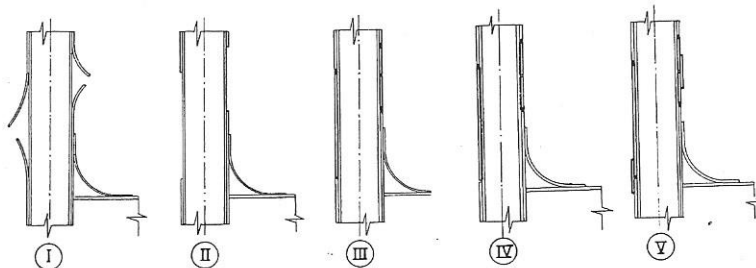
Programme de travail

Les opérations se sont succédé dans l'ordre suivant :

1. Etablir un plan en première approximation pour discussion et approbation. Simultanément enlever toutes les ferrailles et déblayer les futurs chantiers. Hâter l'enlèvement du béton d'enrobage.

2. Réparer d'abord la charpente du laboratoire d'Essais des Constructions du Génie Civil

Fig. 85. Réparation des semelles rapportées de colonne.



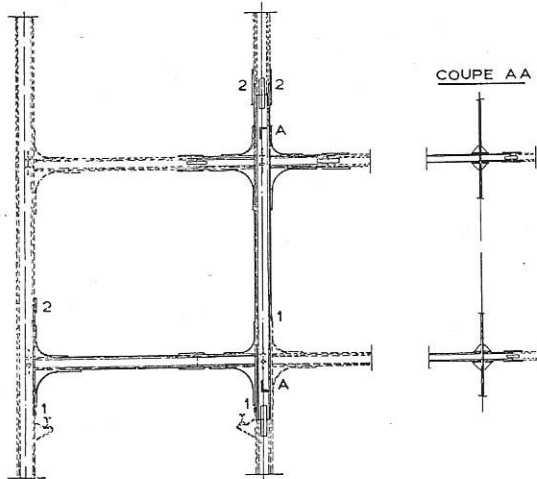


Fig. 86. Réparation de la ferme I₁₀ montrant les joints de semelle :
1. Soudure en bout;
2. Couvre-joint fixé par cordons latéraux.

(aile Sud). Pendant ce temps relever sur place des cotes précises afin d'établir au bureau de dessin les plans d'exécution, ce travail suivant pas à pas l'enlèvement du béton. Estimer le tonnage d'acier nécessaire. Commander les aciers, les élaborer, les laminier, les réceptionner, exécuter en atelier le plus grand nombre possible d'éléments (colonnes, poutres, linteaux, nœuds, semelles, couvre-joints) quitte à les mettre à longueur au moment voulu.

3. Commencer dans l'aile Sud toutes les réparations demandant peu de matériaux nouveaux et du matériel de montage léger; par exemple, redressement de poutres et soudure des semelles des colonnes.

4. Achever l'aile Sud au fur et à mesure de l'arrivée des charpentes neuves.

Amener le matériel de montage lourd dans l'aile Ouest et enlever les éléments de charpente détruits.

5. Simultanément avec l'achèvement de l'aile Sud exécuter les grosses réparations dans l'aile Ouest.

6. L'aile Sud terminée, faire passer l'équipe qui y travaillait à l'aile Ouest pour achever les travaux de moyenne et de petite importance; pendant ce temps l'équipe de grosses réparations redresse et répare le pied de colonne du Laboratoire d'hydraulique (ferme IV₆).

7. Exécuter les plans définitifs de l'ouvrage, tel qu'il est réalisé.

Incidents d'exécution

En fait l'entreprise a été moins aisée qu'il en paraît. Il a fallu procéder à de nombreuses petites réparations, imprévisibles au début, mais exécutées dans le cadre de la méthode générale. Des difficultés de toutes espèces se sont présentées : retards dans l'enlèvement du béton, pénurie de transport, etc.

Dans l'ensemble on peut noter divers éléments qui furent défavorables à la bonne marche du travail :

1. La charpente est enrobée de béton et l'on ne peut rien affirmer tant que l'enrobage n'est pas enlevé. Ceci justifie le travail en régie.

2. L'enlèvement du béton est remis à un entrepreneur ne dépendant pas de l'adjudicataire de la réparation de la charpente métallique. Le personnel de l'Administration des Ponts et Chaussées a réduit ce désavantage au minimum, mais néanmoins c'était un handicap.

3. Le personnel de montage est spécialisé dans les constructions métalliques nouvelles ou dans les transformations.

Or, exception faite pour les gros travaux de l'aile Ouest, il s'agissait de réparation, ce qui est très différent, surtout du point de vue du matériel pour étançonnements et échafaudages légers, du forage et de l'alésage des trous sur place.

4. De fin janvier à début avril la saison a été froide et pluvieuse. Les conditions de travail furent souvent déplorables. On s'est spécialement attaché à bien sécher les électrodes.

5. L'intervention de deux Administrations, à savoir : les Travaux Publics et l'Instruction Publique (pour le courant électrique par exemple). Grâce à la bonne volonté de tous, cela n'a guère porté à conséquence.

Par contre l'on peut citer comme avantages principaux :

1. L'attitude compréhensive, dynamique et de bon conseil de l'Ingénieur dirigeant, M. Louis.

2. La conception de la charpente métallique, très simple, celle-ci étant constituée par des cadres identiques ou fort semblables.

3. L'exécution, conforme aux plans retirés des archives. Ce fait est rare et mérite d'être signalé.

4. La réparation a été effectuée par la S. A. Ougrée-Marihaye, qui construisit la charpente en 1932-1933.

5. L'atelier est situé à moins de 10 kilomètres



Fig. 87. Vue des fermes endommagées de l'ossature métallique rivée de l'Institut de chimie et de Métallurgie.

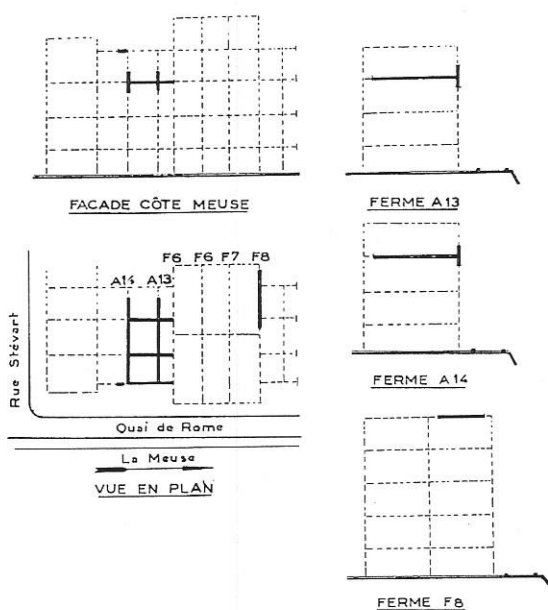
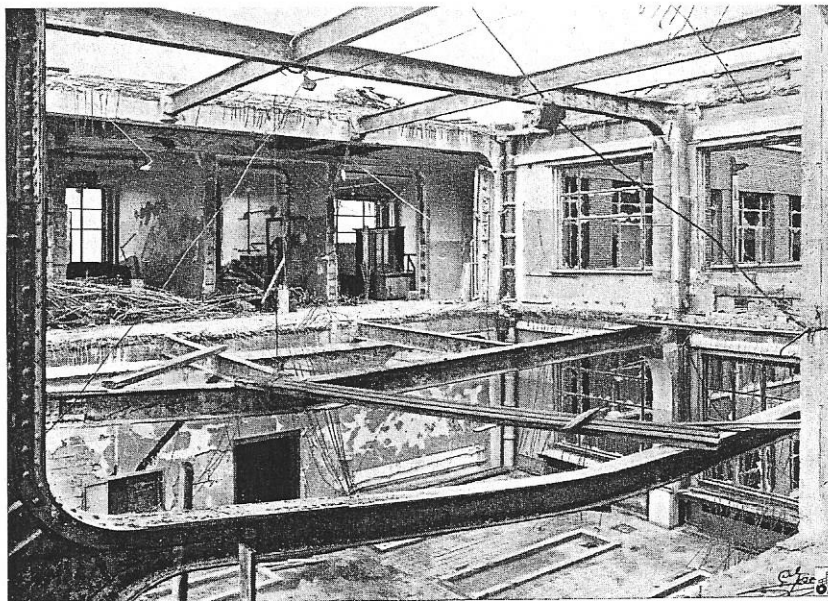


Fig. 88. Plan de situation des fermes réparées.

de l'Institut, avantage énorme aux points de vue transports, liaison, coordination, fourniture de matériel de toute espèce.

Commencée le 17 janvier 1946, après une première visite des lieux, la réparation était terminée le 18 avril 1946, grâce à la qualité de la main-d'œuvre, et la collaboration constante et confiante de l'Ingénieur dirigeant. Sa réalisation a demandé 8 948 heures de travail, dont 2 988

heures en atelier et 5 960 sur chantier. 15 tonnes de charpente soudée en acier 55-65 ont été remplacées (par rapport à un poids total de 595 tonnes). Quatre soudeurs à l'arc ont travaillé sur place pendant 990 heures, presque toujours en position verticale, déposant 8 500 électrodes, dont 5 000 pour la seule remise en état des semelles décollées des colonnes. La dépense totale est de 700 000 francs ce qui est relativement peu si l'on tient compte des difficultés surmontées et de ce qu'aurait coûté la démolition et la reconstruction de l'ossature sinistrée.

Conclusion

La charpente métallique soudée, de l'Institut du Génie civil, ajoute à ses qualités déjà connues une grande facilité de réparation.

Cette impression se confirme, si l'on compare les travaux de restauration à ceux de l'Institut de Chimie et de Métallurgie dont traite M. Louis dans la quatrième étude (voir p. 80) et qui ont été également exécutées par la S. A. d'Ougrée-Marihaye.

La construction rivée est plutôt un handicap parce que l'obligation de se raccorder aux parties saines existantes et le remploi de petits éléments (raidisseurs, couvre-joints, cornières) demandent des relevés fastidieux d'écartements de trous de boulons ou de rivets.

La construction soudée permet de tailler dans le vif, de réaliser d'une façon plus rapide et plus aisée l'assemblage des charpentes nouvelles aux existantes, d'achever en atelier l'exécution de la plupart des éléments de la réparation.

P. G.

Henri Louis,
Ingénieur en chef,
Directeur des Ponts et Chaussées
Chargé du cours libre
de constructions soudées
à l'Université de Liège

Dégâts causés à l'ossature métallique rivée de l'Institut de Chimie et de Métallurgie et leur restauration

Dans cet Institut deux fermes ont été gravement sinistrées, tandis qu'une autre subissait des dégâts de moindre importance.

Les deux premières ont été touchées à hauteur du troisième étage (fig. 87, p. 79). Les poutres ont reçu des coups directs et la flexion importante qu'elles ont subie a amené la rupture des deux nœuds situés sur la façade côté Est.

La réparation a consisté dans le remplacement complet de ces deux nœuds, de deux nouvelles poutres, de six nervures et de quatre linteaux en façade.

Les âmes des nœuds rompus ont été dérivées et enlevées jusqu'aux couvre-joints d'âme assurant la liaison avec les poteaux. Les rivets de ces couvre-joints ont également été enlevés et les couvre-joints réutilisés. Les cornières cintrées inférieures et supérieures ont été enlevées et remplacées.

L'enlèvement de tous ces éléments ayant considérablement diminué la raideur des poteaux, il fut nécessaire, afin d'assurer la stabilité de l'ensemble, de monter un mât à l'extérieur du bâtiment. Ce mât servit à l'arrimage des têtes des deux fermes sinistrées.

Les deux nouvelles poutres furent confectionnées en atelier. Le constructeur ne disposant pas à ce moment des profils nécessaires les entretoises furent composées par soudure.

Lors du démontage, on a constaté que les nœuds situés côté cour intérieure, avaient subi une flexion importante. Avant le remontage des poutres, il fallut donc, à l'aide de vérins hydrauliques, tenter de redresser ces nœuds. L'opération fut très malaisée; elle réussit cependant partiellement. On n'a pas pu rétablir l'horizontalité parfaite des nœuds. Ce léger décalage nécessita l'usinage spécial des couvre-joints d'âme assurant la liaison entre les nœuds et les poutres. Le relevé des trous de rivets existant dut être fait sur place.

Quatre nervures ont été remplacées par des pièces neuves.

Deux autres restées en place accusaient des déformations plutôt importantes, elles ont été démontées et réutilisées après examen. Comme seuls les assemblages de ces nervures avec la poutre de liaison de la ferme voisine étaient endommagés, ces assemblages ont été remplacés.

La mise en place des âmes nouvelles des nœuds sinistrés ainsi que des poutres de liaison des nervures et des linteaux se fit sans difficulté spéciale.

Le rivetage se déroula normalement.

Il est à noter que le linteau assurant la liaison entre une des deux fermes sinistrées et la ferme voisine, à hauteur de la toiture, était fissuré à une extrémité. Le remplacement de ce linteau était malaisé car un énorme bloc de maçonnerie (balustrade de la plate-forme) y était attaché. La démolition de ce bloc posait un problème délicat. On décida de supporter le linteau à l'aide de poutrelles. On découpa la partie fissurée qui fut remplacée par un tronçon nouveau assemblé à l'ancien par couvre-joints d'âme et de semelles boulonnés.

La troisième ferme sinistrée, dont les dégâts étaient cependant moins importants, accusait un déversement vers l'extérieur. Le poteau intermédiaire de cette ferme était tordu au nœud se situant au quatrième étage. La poutre de liaison était détruite.

Le travail de réparation a consisté d'abord à redresser le poteau tordu : un câble mouflé fut accroché au droit des assemblages détruits et un effort de traction fut exercé à l'aide d'un cabestan. La partie du poteau intermédiaire qui était déformée fut chauffée à l'aide de forts chalumeaux de manière à faciliter le travail de redressement. L'opération fut aisée et ne donna lieu à aucun incident. La poutre de liaison fut remplacée par une pièce neuve confectionnée par soudure. Les couvre-joints d'assemblage aux nœuds furent également remplacés.

H. L.

