

03+04/11 steeldoc

Construction parasismique

Conception et
dimensionnement



Structure de pont en façade

Maître d'ouvrage

Huntsman Advanced Materials (Switzerland) GmbH

Architectes

Flubacher-Nyfelner + Partner Architekten

Ingénieurs

Gruener AG

Année de réalisation (confortement)

2010



Plan de situation, échelle 1:5000

Sauvegarder les qualités architecturales de l'ouvrage tout en veillant à ce que la production puisse se poursuivre sans interruption durant les travaux: tels sont les défis que posait le confortement parasismique du bâtiment K90, à Bâle. Très convaincante, la solution retenue doit beaucoup à l'étroite collaboration entre ingénieurs, architectes, entreprise de construction métallique, autorités et commission d'urbanisme.

Christa Vogt

En Suisse, c'est dans les régions de Bâle et du Valais que les risques sismiques sont considérés comme les plus élevés, le potentiel de danger étant encore plus important dans les zones urbaines densément peuplées que dans les territoires ruraux. La ville de Bâle n'est cependant pas une zone critique que du point de vue géologique: les industries chimique et pharmaceutique y sont une source de danger supplémentaire. La catastrophe survenue le 1^{er} novembre 1986 à Schweizerhalle, où 500 tonnes de produits chimiques ont brûlé et où l'eau d'extinction s'étant déversée dans le Rhin a décimé la faune aquatique, a secoué les autorités et les a poussées à agir.

En 1991 est entrée en vigueur l'ordonnance du canton de Bâle-Ville sur les accidents majeurs, en vertu de laquelle les entreprises exploitant des installations susceptibles, en cas d'événements exceptionnels, de porter gravement atteinte à l'homme et à son environnement naturel, sont tenues de prendre les mesures de protection qui s'imposent. Les constructions concernées doivent pouvoir résister à des secousses sismiques jusqu'à ce qu'il soit possible de stopper l'exploitation selon les modalités réglementaires et d'éviter les défaillances abruptes aux conséquences graves. Pour atteindre le degré de sécurité voulu, il s'agit non seulement de concevoir les nouveaux bâtiments en conséquence, mais aussi de vérifier que les constructions existantes répondent aux normes actuelles et, le cas échéant, de les renforcer.

Le bâtiment de production K-90

Parmi les bâtiments concernés par la nouvelle ordonnance figuraient notamment ceux du site industriel Klybeck, situé à proximité d'un quartier d'habitation

et délimité, à l'arrière, par le Rhin. A l'origine propriété de la société Ciba Spezialitätenchemie AG, le site fut repris en 2003, avec la production de colorants, par la firme Huntsman Advanced Materials (Switzerland) GmbH. En rachetant les immeubles, celle-ci s'engagea à respecter la convention que les grandes entreprises chimico-pharmaceutiques Novartis, Roche, Valorec et Ciba Spezialitätenchemie AG avaient conclue, en 1999, avec le Département de la santé publique du canton de Bâle-Ville – convention selon laquelle elles étaient tenues de vérifier et mettre en conformité leurs installations en matière de sécurité sismique. Sur le site Klybeck, il apparut que deux des trois bâtiments pouvaient être renforcés par des mesures relativement simples, comme l'ajout de voiles de contreventement, le renforcement des murs et des fondations et la création de liaisons rigides entre certains éléments de construction. Le plus grand de ces immeubles – le bâtiment de production K-90 – représentait toutefois un véritable défi pour les ingénieurs.

Celui-ci occupe une position très exposée sur la Klybeckstrasse, juste à côté de l'entrée du site. Le portail étant bordé, de l'autre côté, par les bâtiments des sapeurs-pompiers, il s'agissait d'empêcher que l'immeuble ne s'effondre et n'entrave les mouvements des pompiers en cas de séisme. Erigé dans les années 1950 et complété par diverses annexes au fil des ans, ce bâtiment de neuf étages est représentatif du souci de qualité qui caractérise de nombreuses constructions industrielles de l'époque. Il présente une ossature métallique composée de poteaux et de poutres boulonnés, qu'enrobe toutefois, pour des raisons de sécurité incendie, une couche de béton protectrice.



Bâtiment K-90 de la société Huntsman après l'achèvement des travaux de confortement parasismique.

Recherche d'un concept de confortement adéquat: photomontages des différentes options étudiées.



En façade, l'ossature est remplie par de la maçonnerie et par les éléments vitrés. Ces derniers se composent de fines grilles de béton préfabriquées, dans lesquelles s'insèrent soit des vitrages fixes, soit des ouvrants en bois.

Choix d'un concept de confortement

Effectué à l'aide de modèles informatiques, le contrôle de la sécurité sismique a révélé que le bâtiment ne répondait de loin pas aux exigences des normes Swisscodes – ce qui n'a pas surpris les ingénieurs de la section «conservation des ouvrages» de la société Gruner AG. D'une part, les bâtiments étaient, dans les années 1950, dimensionnés pour reprendre les efforts dus au vent, mais pas aux séismes. D'autre part, tant l'ossature que les murs et cages d'escalier en maçonnerie n'étaient capables de reprendre que de faibles efforts de cisaillement horizontaux. Aussi d'importantes mesures de stabilisation et de confortement devaient-elles être prises.

Le concept à élaborer devait tenir compte du fait que des interventions intérieures – par exemple la réalisation de nouveaux noyaux ou voiles de béton – n'étaient possibles que là où elles n'entravaient pas la production. L'exploitation devait pouvoir se poursuivre sans encombre durant toute la durée des travaux. Aussi est-ce en façade que les ingénieurs ont recherché, en collaboration avec les architectes Flubacher-Nyfelner + Partner, des solutions adéquates. Une première variante prévoyait de fermer quelques travées de fenêtres par des murs en béton. Le Service de l'économie et du travail de la Ville de Bâle s'y est toutefois opposé, parce que les locaux auraient été insuffisamment éclairés et que la vue sur l'extérieur

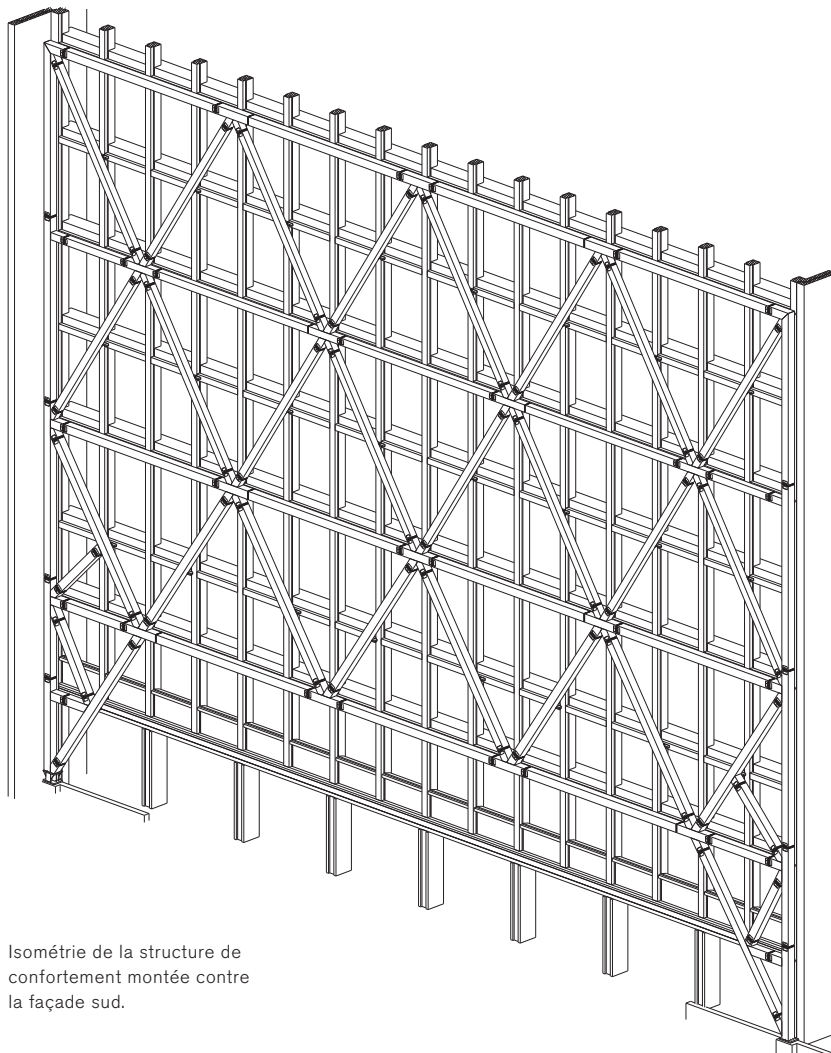
aurait été obstruée. Quant à l'option de l'isolement bas (Base Isolation), qui aurait consisté à faire reposer le bâtiment sur de nouvelles fondations flottantes, elle a dû être rejetée pour des raisons de coûts et d'exploitation.

C'est finalement la proposition de renforcer les façades par des treillis métalliques qui a rencontré l'assentiment du maître d'ouvrage et de la commission d'urbanisme. Au niveau des façades nord et est, les poutres ont pu être posées du côté intérieur, les locaux concernés n'étant pas destinés à la production. Du côté sud et ouest, elles ont dû être posées à l'extérieur, contre les façades. Cette variante se révélait cependant, elle aussi, très exigeante pour les concepteurs. L'accès camions et diverses annexes restreignaient considérablement les possibilités d'appui au sol de la structure métallique. Aussi les treillis enjambent-ils chaque fois le rez-de-chaussée au moyen d'une construction de type pont, qui ne repose que sur deux pieds. Cette solution nécessitait de réaliser, contre les murs de fondation existants, des fondations à forte capacité de charge, renforcées par des pieux. Tous les étages n'ayant pas la même hauteur, il n'était pas aisé de trouver pour les treillis une configuration aussi régulière que possible, qui tienne compte des façades existantes.

Construction

La variante réalisée se réfère à la composition classicisante des façades: alors que la structure enjambe le rez-de-chaussée et le premier étage, les treillis s'étendent ensuite chaque fois sur deux niveaux, le dernier étage restant quant à lui dépourvu de renforcement.





Isométrie de la structure de confortement montée contre la façade sud.

Les liaisons entre treillis et bâtiment permettent de reprendre les différences de dilatation entre les deux, tout en assurant, en cas de tremblement de terre, un bon transfert des efforts horizontaux.



Lieu Klybeckstrasse Bâle
Maître d'ouvrage Huntsman Advanced Materials (Switzerland) GmbH
Architectes Flubacher-Nyfeler + Partner Architekten
Ingénieurs Gruner AG
Construction métallique Preiswerk und Esser AG
Coûts de construction CHF 7 millions
Durée des travaux 2009–2010
Achèvement Décembre 2010

Les liaisons entre treillis et bâtiment représentaient un défi particulier. Elles devaient en effet pouvoir reprendre les différences de dilatation entre les deux, tout en assurant, en cas de tremblement de terre, un bon transfert des efforts horizontaux. Pour les treillis, il était exclu de recourir à des poutres en double T, car leur assemblage aurait requis de grands goussets – une solution esthétiquement peu satisfaisante. Les concepteurs ont donc opté pour des poutres MSH de la société Vallourec & Mannesmann, que des ailes intérieures permettent d'assembler avec élégance. D'une longueur pouvant atteindre 12 mètres, ces poutres devaient présenter, pour garantir la rigidité voulue, une section de 40 x 40 cm. Elles sont protégées de la corrosion par une peinture anthracite à l'oxyde de fer micacé.

nécessaires pour assurer la stabilité de l'ouvrage. Celles-ci laissent toutefois une grande marge de manœuvre en matière d'utilisation future. Le résultat témoigne d'une étroite et fructueuse collaboration entre ingénieurs, architectes, entreprise de construction métallique et commission d'urbanisme. Bien que tous les acteurs impliqués dans un processus aussi complexe doivent faire des concessions, la solution mise en œuvre convainc par son caractère simple, direct et pragmatique. Elle a permis de mettre le bâtiment aux normes sans gros travaux de transformation – ce qui montre bien que le confortement parasismique des ouvrages construits peut aussi représenter un défi architectural.

Comme le prévoyait le planning signé en 1999 avec le canton de Bâle-Ville, la sécurisation sismique du bâtiment K-90 a pu être menée à bien pour fin 2010. Les mesures prises se sont concentrées sur la prévention des dommages causés par des secousses sismiques. Eu égard à l'utilisation actuelle du bâtiment, il n'était pas urgent d'en améliorer l'isolation thermique. Aussi s'est-on pragmatiquement limité aux interventions

Impressum

Littérature et sources suisses

SIA Société suisse des ingénieurs et architectes, Zurich:

Norme SIA 260 (2003): Bases pour l'élaboration des projets de structures porteuses. Société suisse des ingénieurs et architectes, Zurich.

Norme SIA 260.801 (2004) EN 1998-1: Eurocode 8 – Conception et dimensionnement des structures pour leur résistance aux séismes – Partie 1, règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments.

Norm SIA 261 (2003): Actions sur les structures porteuses

Norm SIA 263 (2003): Construction en acier

Cahier technique SIA 2018 (2004): Vérification de la sécurité parasismique des bâtiments existants

Documentation SIA D 0180 (2004): Termes techniques des normes sur les structures porteuses – Terminologie et définitions

Documentation SIA D 0181 (2003): Bases pour l'élaboration des projets de structures porteuses – Actions sur les structures porteuses – Introduction aux normes SIA 260 et 261

Autres:

Bachmann H. (2002): Conception parasismique des bâtiments – Principes de base à l'attention des ingénieurs, architectes, maîtres d'ouvrages et autorités. Office fédéral des eaux et de la géologie OFEG

Bachmann H. (2002): Erdbebensicherung von Bauwerken. Birkhäuser Verlag, Basel.

Paulay T., Bachmann H., Moser K. (1990): Erdbebenbemessung von Stahlbetonhochbauten. Birkhäuser Verlag, Basel.

Smit P. (2004): Entstehung und Auswirkungen von Erdbeben. Forum 4/2004. Bundesamt für Bevölkerungsschutz, Bern.

Wenk T., Lestuzzi P. (2003): Erdbeben. Dans: Documentation SIA D 0181 (2003): Bases pour l'élaboration des projets de structures porteuses – Actions sur les structures porteuses – Introduction aux normes SIA 260 et 261. S. 59–66. SIA Zurich

Wenk T. (2005): Erdbebeneinwirkung. In: Dokumentation SIA D 0211, Überprüfung bestehender Gebäude bezüglich Erdbeben – Einführung in das Merkblatt SIA 2018. S. 9–16, SIA Zürich

Weidmann M. (2002): Erdbeben in der Schweiz. Verlag Desertina, Chur.

Lignum, Economie suisse du bois: Bâtiments en bois parasismiques de plusieurs étages. Documentation technique de Lignum, Zurich, 2010

Fondation pour la Dynamique des structures et le Génie Parasismique ainsi que l'Office fédéral des eaux et de la géologie OFEG (2005): Construction parasismique en Suisse – ce qui est essentiel et pourquoi. Zurich.

Service Sismologique Suisse SED (2002): Swiss Hazard Map. (<http://www.earthquake.ethz.ch>)

Office fédéral de l'environnement OFEV (2004): L'aléa sismique en Suisse, Effets géologiques locaux (microzonage). (<http://www.bafu.admin.ch>)

Autres sources voir articles/bibliographies

Impressum

steeldoc 03+04/11, parution mai 2012
Construction parasismique – Conception et dimensionnement

Editeur:
SZS Centre Suisse de la construction métallique, Zurich
Evelyn C. Frisch, Directrice

Rédaction:
Evelyn C. Frisch (responsable)
Collaboration: Ann Schumacher, Virginia Rabitsch, Sascha Roesler
Critical Review: Kerstin Pfyl-Lang Zürich; Michel Crisinel, Lausanne
en collaboration avec les auteurs

Mise en page:
Evelyn C. Frisch et Virginia Rabitsch, SZS
Plans et graphiques partiellement retravaillés par cira drei, Munich

Photos et plans:
Titre: Yves André, St-Aubin-Sauges
Editorial: Raffaele Landolfo, Naples
Interview: Photos: Katja Jug; Illustration: Tremblement de terre de Bâle: Erdbeben und Kulturgüter, p. 13;
Conception et dimensionnement:
Raffaele Landolfo, Université Federico II, Naples (aeob), sources voir article
Principe de conception: voir article
Ecole de la Maladière: Photos: Yves André, St-Aubin-Sauges p. 32, 33, 37; Ingeni SA, Genève, p. 35, plans et schémas: architectes et ingénieurs
Confortement des bâtiments existants: voir article
Bâtiment de production K90: Plans et photos mis à disposition de Gruner AG et Flubacher-Nyfelner+Partner Architekten
Construction parasismique au Japon: voir article
Médiathèque de Sendai: voir article

Conception graphique: Gabriele Fackler, Reflexivity AG, Zurich

Administration et abonnements: Giesshübel-Office, Zurich
Impression: Kalt-Zehnder-Druck AG, Zoug

ISSN 0255-3104

Abonnement annuel CHF 48.– / étranger CHF 60.–
Numéros isolés CHF 15.– / doubles numéros CHF 25.–
Sous réserve de changement de prix.
A commander sur www.steeldoc.ch

**Abonnement annuel à Steeldoc pour CHF 48.–
(Étudiants gratuit) sur www.steeldoc.ch**

Construire en acier / steeldoc® est la documentation d'architecture du SZS Centre suisse de la construction métallique et paraît quatre fois par an en allemand et en français. Les membres du SZS reçoivent l'abonnement ainsi que les informations techniques du SZS gratuitement.

Toute publication des ouvrages implique l'accord des architectes, le droit d'auteur des photos est réservé aux photographes. Une reproduction et la traduction même partielle de cette édition n'est autorisée qu'avec l'autorisation écrite de l'éditeur et l'indication de la source.