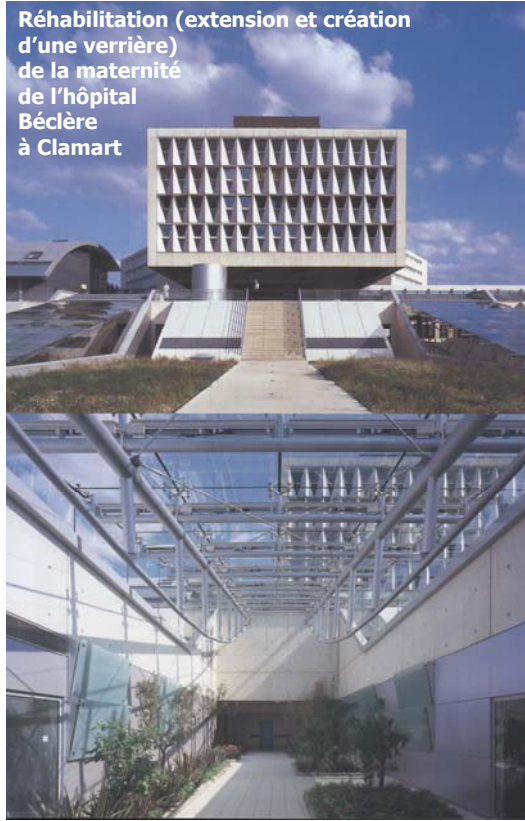


## Acier et réhabilitation

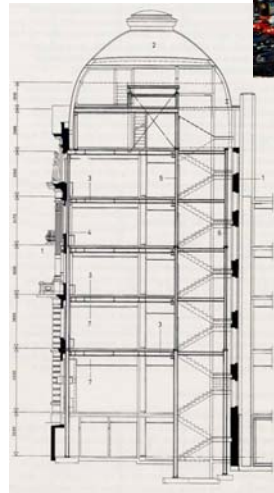
Archis : B. de Kosmy ; A. Kechichian ; F. Lavigne

**La réhabilitation est la remise en état d'un ouvrage ancien. Rarement valorisée, peu enseignée dans les écoles d'ingénieurs et d'architectes, elle requiert pourtant un savoir faire spécifique, de multiples compétences et au moins autant d'ingéniosité et de rigueur que la construction neuve. C'est la chirurgie fine du BTP. Elle doit tenir compte de contraintes techniques, réglementaires, esthétiques, foncières, économiques et environnementales face auxquelles l'acier propose des solutions intelligentes. Pourquoi et comment réhabiliter, quels sont les atouts de l'acier dans ce domaine ? C'est le sujet de ce dossier.**



Réhabilitation (extension et création d'une verrière) de la maternité de l'hôpital Béchère à Clamart

des niveaux intermédiaires, des passerelles. On parle alors de surélévations, d'extensions, de création ou suppression de planchers, de consolidations... C'est le cas du Roemerhof, à Zürich (devenu l'Union bank of Switzerland - photos ci-dessous), où il s'agissait de réaménager l'espace pour optimiser son utilisation, en conservant les façades et en maintenant l'activité. Autre exemple : la tour PB12 à La Défense (cf p 5). Objectifs : moderniser les façades, ouvrir la vue vers l'extérieur, augmenter de 5000 m<sup>2</sup> les surfaces utiles, et adapter la tour aux normes de construction en vigueur.



Derrière l'ancienne façade du « Roemerhof » de Zürich (ci-dessus et ci-contre), construit à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, l'intérieur a été complètement vidé et remplacé par une ossature en acier avec dalles de plancher en béton. La réhabilitation a consisté à créer une stabilité interne, renforcer les fondations, démolir les planchers existants et enfin reconfigurer les volumes intérieurs.

Archis : Baerlocher - Unger

### Plusieurs niveaux de réhabilitation

Réhabiliter, c'est conserver une partie d'un ouvrage (façades ou structure, en tout ou en partie) et en remanier plus ou moins profondément une autre. Cela s'oppose à la déconstruction suivie d'une construction neuve. Le terme de réhabilitation peut recouvrir différents types d'interventions sur le bâtiment, de la plus légère à la plus profonde :

- la **rénovation**, qui peut désigner une mise aux normes de l'ouvrage, l'amélioration du confort, de l'esthétique ou de la sécurité... Il peut s'agir par exemple de refaire l'électricité, l'isolation, de changer les portes et les fenêtres, etc. Mais aussi de remanier l'aspect extérieur.
- La **restructuration**, qui consiste à remettre les volumes au goût du jour, à créer par exemple dans un bâtiment

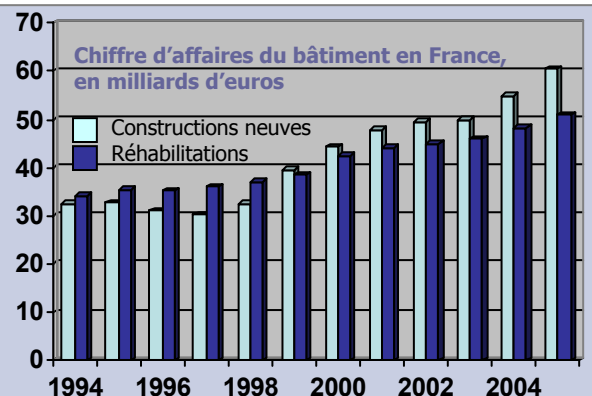
Source du graphique : la DAEI (Délégation aux affaires européennes et internationales).

### La réhabilitation : un marché amené à évoluer en France

Aujourd'hui, en France, la réhabilitation représente moins de 50% du marché total du bâtiment, non compris les ouvrages d'art.

Selon Jean-Michel Dossier (direction générale de l'industrie, des technologies de l'information et des postes au ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie), l'importance du parc immobilier actuel (30 millions de logements en France) crée un marché extrêmement important pour la réhabilitation.

Le marché de la construction est cyclique. Le graphique montre que le chiffre d'affaires de la construction neuve croît davantage que celui de la réhabilitation depuis 1999. Les prévisions sur 2005 creusent encore cet écart, mais la tendance devrait logiquement s'inverser dans les prochaines années.



- la **reconstruction** avec conservation des façades, qui revient à ne conserver que l'enveloppe extérieure ou le volume global et à tout refaire par ailleurs. C'est l'exemple de l'immeuble du Crédit Lyonnais, à Paris, dont l'intérieur a été détruit par un incendie et entièrement reconstruit.



Lors de la réhabilitation de l'immeuble du Crédit Lyonnais, à Paris, seules les façades et une partie des structures en acier ont été conservées.

Archi : J.J. Ory

### • Réhabiliter plutôt que reconstruire : pourquoi ?

**Dans certains cas, la réhabilitation s'impose. Le plus souvent pour des raisons culturelles, techniques, ou foncières.**

- Lorsqu'une construction est classée monument historique ou est inscrite à l'inventaire du patrimoine, évidemment, on ne peut que réhabiliter. Pour rénover à l'identique (dans le cas de bâtiments prestigieux comme par exemple le Grand

- Lorsque il est nécessaire de remettre un bâtiment aux normes (thermique, incendie et notamment tout ce qui concerne l'évacuation des personnes, sanitaires – par exemple suppression de l'amiante, etc.). Ou tout simplement quand on change l'affectation d'un ouvrage (ancien ou pas), en transformant des locaux industriels en bureaux, ou des bureaux en locaux d'habitation... cela modifie certaines données structurales et les hypothèses de charges et nécessite donc une réhabilitation.

**Parfois, en revanche, la réhabilitation est simplement une alternative à la construction neuve.**

Il faut alors évaluer si la réhabilitation vaut la peine : si réhabiliter est intéressant sur le plan architectural, financier, technique, environnemental, sur le plan de la durabilité, du temps passé, du retour sur investissement ... et comment tout cela s'équilibre. En d'autres termes, si c'est rentable, faisable et viable sur le long terme.

Jean-Marie Farsy, économiste spécialisé dans l'acier, résume les choses ainsi : « S'il s'agit d'un immeuble en béton, des années 60, situé à la Courneuve, on aura plus vite fait et pour moins cher de démolir et de reconstruire. S'il s'agit d'un immeuble des années 20 construit dans un centre urbain, la réhabilitation est plus adaptée. S'il s'agit d'un immeuble des années 60 ou 70, dans un centre urbain, mais où il y a des obligations de mise en conformité (opération de désamiantage, par exemple), c'est le dilemme. Il va falloir étudier les choses de plus près pour décider la solution la plus adaptée : démolition-reconstruction, ou réhabilitation. »

C'est en portant un regard global sur l'ouvrage, son empla-



Archis : B. Valero – F. Cadéan



Avant... après. La réhabilitation du collège Pierre Corneille, à Tours, a représenté 3 mois de travaux seulement.

C'est une construction de 1969, dont seule la structure a été conservée. Les façades ont été entièrement renouvelées avec un bardage plan en acier laqué posé sur une ossature secondaire, et avec la création de volumes supplémentaires en excroissance. Une partie des planchers a été déconstruite pour réaliser un vide sur 3 étages au niveau des accès.

Palais ou le Pavillon Baltard, à Paris), on va jusqu'à rechercher les plans, croquis et moules d'origine pour refaire exactement les mêmes poteaux de fonte, etc.

- Lorsque l'on veut conserver la surface et les volumes d'origine. Quand on démolit pour reconstruire, les règles d'urbanisme en vigueur imposent généralement de réduire le volume de la construction. Seule la réhabilitation permet de conserver ses dimensions initiales.

- Lorsque la construction a une valeur patrimoniale importante, c'est-à-dire, un cachet, une qualité architecturale marquée que l'on souhaite préserver (hauteur sous plafond, grande surface...). Constituant une référence architecturale, ce bâtiment se louera et se vendra plus facilement si on le réhabilite en préservant son esprit, son aspect d'origine.

- Lorsque la démolition pose des problèmes de vibrations, de nuisances, d'évacuation des gravats insolubles par rapport à l'emplacement du bâtiment, à sa hauteur, à la sécurité des riverains....

cement, son histoire, son état, l'ampleur des travaux à faire, les coûts d'entretien et de maintenance ultérieurs que l'on décide si la réhabilitation est rentable (et faisable) ou non.

A titre indicatif, la rénovation lourde d'un lycée ou d'un collège coûte en moyenne 30 % moins cher qu'une construction neuve.

Et quoi qu'il arrive, très en amont d'un chantier, avant même que le projet soit lancé et que l'architecte n'intervienne, il faut réaliser une l'étude de faisabilité, élaborer le budget.

Réhabiliter suppose d'effectuer un diagnostic précis du bâtiment (lire p 4). Seul un spécialiste peut savoir avec quel type de métal (fonte, fer ou acier) a été fait un immeuble et si les matériaux peuvent être conservés.

La réhabilitation du Petit Palais, à Paris, est l'exemple d'une rénovation à l'identique : on consolide, mais en conservant l'esprit et les volumes.



Archi : Ch. Girault

### • Réhabiliter en acier : quels avantages ?

Quand la construction d'origine est en acier, on ne peut pas la réhabiliter en béton. En revanche, quand elle est en béton, on a le choix de la réhabiliter en béton ou en acier. L'acier a donc déjà là un avantage. Quels sont les autres, et qu'est-ce qui incite à faire le choix de solutions acier pour réhabiliter ?

#### - Variété et liberté architecturales

L'utilisation de l'acier dans les constructions neuves, mais aussi dans celles réhabilitées, offre une liberté architecturale et une variété de formes exceptionnelles : grandes portées, grands plateaux réaménageables, vastes volumes... Elle offre des possibilités d'adaptation et de transformation pour répondre à l'évolution des besoins et des usages, tant sur des bâtiments en acier qu'en béton. Elle se traduit par des formes et des couleurs inédites, ainsi que des apports de lumière plus importants (davantage de transparence en façade, portées plus grandes).

#### - Facilité de mise en œuvre, rapidité d'exécution

Selon Jean-Marie Farsy, les deux arguments massues en faveur de l'acier sont la facilité et la rapidité d'exécution qu'il garantit. Dès que les délais sont serrés, l'acier est incontournable. Il se monte comme un mécano, en atelier, et il ne reste plus sur place qu'à assembler les éléments. Les ossatures métalliques font gagner du temps, mais sont aussi économes en main d'œuvre et en matériel pour le montage. De plus, l'acier bénéficie d'un réseau d'entreprises compétentes, sachant le mettre en œuvre de façon optimale.

#### - Adaptation aux conditions difficiles

Les ossatures métalliques sont aussi particulièrement adaptées aux conditions d'accès difficiles, comme c'est souvent le cas en ville. Dominique Queffelec (à la tête d'Arcora, bureau d'ingénierie) pointe les avantages de l'acier sur les chantiers « à contraintes » : chantiers devant impérativement être propres, ou sans eau, ou chantiers d'accès difficile, auxquels l'aspect « montage mécano » de l'acier convient parfaitement.



Depuis 1887, la cathédrale de Chartres (à gauche) est une bonne illustration de la pérennité des structures en acier. Ci-dessus, mariage réussi de l'acier avec du verre et du bois (Collège à Ecully, 69), et avec du verre et de la brique (banque à Lodi, en Italie du Nord).

#### - Fiabilité des ossatures métalliques

Les ossatures en acier, fabriquées le plus souvent avec des machines à commandes numériques, sont précises, donc entraînent peu d'aléas sur chantier. Elles offrent également un bon compromis résistance / encombrement.



Les ossatures en acier sont fabriquées avec une grande précision

#### - Qualité des produits de construction en acier

Les aciers de construction sont des produits manufacturés, aux caractéristiques géométriques et mécaniques garanties, présentant pour les produits d'enveloppe des aspects variés tant dans leurs formes que dans leurs couleurs, qui se marient facilement aux autres matériaux.

Dans la réhabilitation, un important tonnage d'acier est à destination du second œuvre (métallerie, menuiserie métallique, ferronnerie, serrurerie...). Dans les collèges, par exemple, on a remplacé durant deux décennies les portes en bois par des portes en aluminium, qui sont à leur tour remplacées par des



portes en acier, plus résistantes au choc et à l'usage du fait des propriétés mécaniques élevées du matériau.

#### - Pérennité des constructions en acier

Faciles à entretenir, et ce sans interrompre la vie de l'ouvrage (très important pour un pont, en particulier), les structures acier demandent une maintenance peu contraignante.

La protection des structures contre la corrosion et contre l'incendie passe par des moyens connus et sûrs. L'acier est plus apte à résister aux séismes grâce à sa ductilité et à sa capacité à supporter des efforts alternés.

Lors de sollicitations extrêmes la construction métallique offre plus de possibilités de réhabilitation que d'autres matériaux (exemple du zénith de Toulouse – lire p 5 - dont l'ossature de la toiture, après l'explosion de l'usine AZF, a résisté à la déflagration et n'a nécessité que de faibles réparations).

**- Respect de l'environnement, peu de nuisances pour l'entourage**

Les réhabilitations en acier provoquent peu de perturbations pour l'entourage. Les délais de chantier sont courts et les nuisances sont réduites : moins de déchets, moins de bruits. Par ailleurs, les profilés en acier, très utilisés dans la construction, sont fabriqués à 100% à partir de ferrailles recyclées. Enfin, tous les aciers sont recyclables à l'infini, et les bâtiments acier en fin de vie peuvent être déconstruits ou démontés.

**- Confort :** Réhabiliter en acier permet de réaliser une isolation par l'extérieur, donnant aux architectes la possibilité de moderniser l'aspect des bâtiments rénovés. L'acier garantit une bonne isolation thermique et phonique.

**- Légèreté :** L'acier offre des solutions techniques légères qui permettent :

- de limiter les charges sur les structures existantes ;
- de réduire le nombre et la section des poteaux ;
- de réaliser des planchers de grande portée, sans gêne pour les réseaux.

Réhabiliter en acier garantit une légèreté dans les structures, qui rend possible l'ajout de niveaux supplémentaires tout en limitant la surcharge sur les fondations.



Ici, entrepôt céréalier réhabilité à Hambourg

Archi : J. Stürmer

**- Conformité à la réglementation incendie :** la tenue au feu n'est plus un obstacle à l'utilisation de l'acier. Si la législation sur la sécurité pouvait paraître handicapante pour l'acier il y a quelques années, la législation européenne, plus réaliste en termes d'ingénierie incendie, lui est aujourd'hui plus favorable. Dès lors que le bâtiment prévoit un dispositif de détection précoce du feu et d'évacuation rapide des personnes et des fumées. Enfin, du fait de son incombustibilité, l'acier n'apporte aucune charge combustible supplémentaire dans la rénovation d'un ouvrage.

**- Les solutions acier insuffisamment exploitées dans la réhabilitation**

Jean-Claude Dossier, du ministère de l'Industrie, résume les avantages de l'acier ainsi : « L'acier est très intéressant dans la réhabilitation. Il occupe peu d'espace par rapport à sa portance, il peut renforcer sans dénaturer, se marier avec tous les matériaux, apporter un gros plus dans l'isolation thermique et acoustique. Tout en répondant parfaitement aux contraintes de réglementation, notamment par rapport à l'incendie. L'acier pourrait par exemple remplacer le bois partout où il y a des problèmes de termites, dans les logements. On n'exploite pas suffisamment ses possibilités. »

**• Le diagnostic : étape fondatrice de la réhabilitation**

Un des avantages de l'acier est de pouvoir visualiser la structure et donc de faciliter le diagnostic.

Le diagnostic est un préalable obligatoire à la réhabilitation d'un bâtiment : il s'agit de l'examen minutieux au terme duquel on saura à quelles conditions et moyennant quel traitement l'ouvrage peut être restauré. Le diagnostic d'une structure métallique a pour but d'en évaluer la capacité portante, l'état, l'équilibre.

Quand l'édifice date de quelques dizaines voire centaines d'années, on ne dispose plus des plans ni des calculs caractérisant la structure.

Il faut réaliser un travail d'investigation, destiné à comprendre l'équilibre du bâtiment.

Les questions à se poser sont multiples : Comment est faite la charpente ? Peut-elle supporter un poids supplémentaire, même faible ? Où sont les points porteurs ? Que se cache-t-il derrière ce mur apparemment sain ? Les poutres ont-elles besoin d'être renforcées ? Quel est le code de calcul utilisé lors de la construction ?

Cela demande aussi un contrôle minutieux des assemblages.

Pour les ouvrages métalliques, il faut identifier la nature et les caractéristiques du métal constituant la structure et les parois : fonte, fer puddlé, ou acier (en précisant la nuance) ?

Puis il s'agit de repérer les éventuels produits toxiques incorporés, d'évaluer la qualité de la réalisation et l'état de vieillissement, de vérifier le dimensionnement de l'ossature, d'estimer les coûts. Tout ceci en tenant compte de l'évolution des pratiques constructives, des modes de calcul, et de la réglementation.

Le diagnostic est réalisé par des bureaux d'études spécialisés, voire des bureaux de contrôle.

**Réhabilitation de l'ambassade de France à Varsovie : haute technicité, légèreté et lumière.**

« Ce bâtiment avait été pensé dans les années 60, par de grands architectes français. Il reposait sur une structure métallique, avec de nombreux panneaux de fonte



Maîtres mots de la réhabilitation de l'ambassade de France à Varsovie : haute technicité du fait des grandes portées, légèreté et lumière.

d'aluminium. On y avait détecté de l'amiante et on voulait remédier au fait que le bâtiment était conçu en deux parties séparées. Le tout en conservant l'identité du bâtiment, son histoire. Nous avons donc pratiqué une réhabilitation profonde sur les façades et la

structure, basée sur une plus grande ouverture sur le paysage et la ville. Haute technicité (portées de 22 mètres sur 22), légèreté et lumière sont les maîtres mots de ce projet. Et c'est l'acier qui permet tout cela. »

**Jean-Philippe Pargade, architecte**

Archi : J. Ph. Pargade

- **Réhabilitation et architecture : quelques exemples de réhabilitation en acier**

Archi : F. Soler



Francis Soler, pour la réhabilitation du ministère de la Culture à Paris, a conçu une mantille d'acier inox qui confère une écriture commune aux trois bâtiments disparates constituant le ministère.



**- Le ministère de la Culture à Paris**

« J'ai utilisé l'acier pour réhabiliter l'extérieur du bâtiment, pour avoir une écriture commune de trois bâtiments hétérogènes. Cette parure d'inox (au total, 4000 panneaux de 12 millimètres d'épaisseur) confère une unité au ministère. Cette dentelle de métal est un peu comme une mantille espagnole, qui donne aux bâtiments une identité unique.

Je suis parti d'une œuvre de la Renaissance, que j'ai reproduite et découpée sur ordinateur et que j'ai laissé dériver au fil des contraintes techniques, de structures, de lumière... Le dessin a ainsi subi une dizaine de transformations pour arriver à une abstraction. C'est du dessin par défaut. »

**Francis Soler, architecte.**

**- Tour PB12 à La Défense**

Sur cette réhabilitation, nous n'avons gardé que le noyau central du bâtiment et le béton des plateaux. Le but architectural était de gagner en lumière, en ouvertures. Ceci a été possible grâce à l'acier. Par exemple, nous avons substitué 96 poteaux de béton espacés d'1 mètre 48 par 26 poteaux métalliques espacés de 6 mètres. Tout de suite, on gagne en espace, en volume, en clarté.

L'acier s'est aussi imposé pour des raisons techniques. La hauteur du bâtiment : il fallait pouvoir faire progresser le chantier niveau par niveau, sans ajouter trop de poids aux fondations. La cadence élevée des travaux : peu compatible



La Tour PB12 avant (à gauche), pendant (au milieu) et après (à droite) sa réhabilitation. La difficulté tenait à la hauteur du bâtiment, aux délais très serrés, à la nécessité de créer des structures porteuses plus résistantes et moins encombrantes que les poteaux initiaux en béton : un marché en or pour l'acier.

avec du béton coulé. La nécessité de soutenir les planchers de béton existants en s'inscrivant dans un volume très petit tout en conservant les bonnes conditions de souplesse du plancher. Ici, l'excellent rapport résistance / encombrement de l'acier était un atout indispensable.

**- Zénith de Toulouse**

A la suite de l'explosion de l'usine chimique AZF, le zénith, situé à 2 km de là, a dû être réhabilité. La structure avait en effet subi des efforts non prévus dans les calculs, qui ont déformé et fissuré des pièces. Il a fallu les remplacer sans mettre en péril l'édifice (le plus grand zénith de France, avec 9 000 places). Une intervention grandement facilitée du fait que la structure est en acier.



La structure en acier du zénith de Toulouse, réhabilitée à la suite de l'explosion d'AZF

- **Les actions de l'Otua pour promouvoir l'acier dans la réhabilitation**

**- Organisation de « rencontres techniques » sur la réhabilitation, en avril 2004, en partenariat avec le CTICM.**

L'Otua et le CTICM avaient invité des ingénieurs de bureaux d'études et d'entreprises de construction, des étudiants ingénieurs et architectes (120 personnes en tout) pour les sensibiliser à la réhabilitation utilisant l'acier. On a essentiellement abordé la méthodologie pour réaliser le diagnostic d'un bâtiment, entretien des ouvrages d'art, le tout agrémenté d'exemples concrets : réhabilitations du ministère de la Culture et du Grand Palais à Paris, du zénith de Toulouse, de l'ambassade de France à Varsovie.

**- Organisation à Lille, en mai 2004, d'une journée sur « acier et habitat social »**

Journée organisée par l'Otua avec l'association Acier Construction et les organismes chargés du logement social sur le Nord, le Pas de Calais et la Picardie. L'objectif étant d'accroître la part de l'acier dans le logement (seuls 2% des logements et des maisons individuelles sont en acier), en mettant en avant l'aspect modulable et économique de ce type de construction.

**- Formations données deux à trois fois par an par l'Otua aux économistes** de l'Untec (Union nationale de l'économie de la construction et des coordinateurs). Objectif : faire en sorte que les économistes connaissent bien l'acier et ses avantages constructifs afin de l'intégrer en amont dans leurs études de faisabilité sur les réhabilitations.

Archis : A. et S. Giesy

Archi : Valode et Pistre architectes