

DÉVELOPPEMENT DURABLE ET GÉNIE CIVIL

- LES ATOUTS DE L'ACIER -

Jean Dalsheimer, OTUA, responsable Développement Durable Construction
Jean-Michel Vigo, OTUA, Développement ouvrages d'art en acier

Depuis 1987 et le rapport des Nations unies « Notre futur à tous », grandit l'exigence d'un « développement durable », concept qui veut que « l'on réponde aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs. » Tous les citoyens de la planète sont désormais appelés à veiller, dans chacune de leurs activités, à minimiser l'emploi des ressources naturelles, à économiser l'énergie et à réduire la pollution. Tous les secteurs sont concernés : industrie, agriculture, transport, construction, etc.

Dans le secteur du bâtiment, la prise en compte de ces préoccupations a commencé à se développer de façon structurée dans les années 90. De nombreuses initiatives ont ainsi été lancées à travers le monde pour intégrer l'environnement au bâtiment : citons par exemple, la démarche HQE® en France, BREEAM en Grande Bretagne, LEED aux Etats-Unis, etc. Il n'est pas exclu qu'elles soient adaptées un jour au génie civil, car les maîtres d'ouvrage et les maîtres d'œuvre de ce secteur sont de plus en plus concernés par les enjeux environnementaux, sociétaux et économiques.

Dans ce contexte, l'acier présente incontestablement de nombreux atouts pour répondre aux préoccupations environnementales de chacune des phases de la vie d'un ouvrage, depuis l'extraction des matières premières qui le constituent jusqu'à sa fin de vie.

PENDANT L'ÉLABORATION DE L'ACIER

Un matériau recyclable et recyclé



Figure 1 : Le cycle de l'acier

L'acier peut se recycler indéfiniment et à 100 %, sans altération de ses qualités. Il possède des vertus magnétiques sans équivalent qui permettent sa séparation et sa récupération parmi les déchets de toute nature.

En France et dans le monde, la part de production d'acier issue du recyclage de ferrailles avoisine les 40 %. C'est autant de minerai préservé (même si le minerai de fer est un des éléments les plus abondants de la croûte terrestre), avec des conséquences positives sur la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre.

Baisse de la consommation énergétique et des émissions de gaz à effet de serre

En Europe, 6 % des émissions de CO₂ proviennent de la sidérurgie. Ils représentent plus de 99 % des émissions de gaz à effet de serre de cette industrie. Celles-ci ont été réduites d'environ 50 % dans les trente dernières années, tout comme d'ailleurs la consommation d'énergie. Depuis 1990, la sidérurgie européenne a abaissé ses émissions de gaz à effet de serre de 18 %, malgré des volumes de production plus importants, résultats qui dépassent largement l'objectif de - 8 % fixé par l'Union européenne.

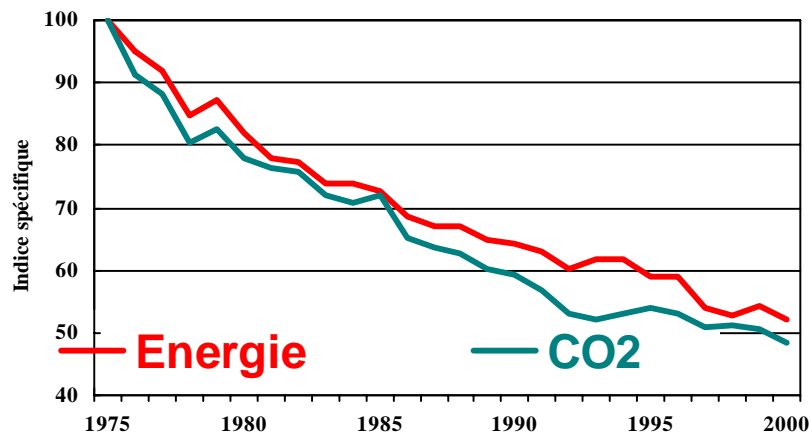


Figure 2 : Statistiques CECA sur la sidérurgie européenne

Fabrication épurée

Lors de la fabrication de l'acier, les émissions polluantes pour l'environnement ont été abaissées grâce aux dispositifs de filtration et de récupération des gaz et des poussières. Les poussières contenant du zinc peuvent ainsi être utilisées comme matière première par l'industrie du zinc.

Les eaux usées sont systématiquement épurées dans des installations de plus en plus performantes. Leur recyclage permet de réduire le prélèvement d'eau dans les réserves naturelles.

Les coproduits générés (laitiers de haut-fourneau, scories) sont valorisés dans l'industrie cimentière, la construction de chaussées, les ballasts.

Lorsque toutes les possibilités de recyclage et de valorisation sont utilisées, une usine intégrée ne produit que très peu de déchets. Ce n'est pas encore l'usine sans déchets, mais la sidérurgie s'en approche !

PENDANT LA CONCEPTION DES TABLIERS

Economies de matières

Les caractéristiques mécaniques naturelles de l'acier (rapport élevé résistance/poids notamment) autorisent la création de structures porteuses élancées qui peuvent franchir de larges brèches en minimisant le nombre de piles et l'importance des fondations.

Le poids propre du tablier s'en trouve allégé. Il est alors possible, soit de réduire le volume des fondations (les charges transmises au sol étant plus faibles), soit d'adapter la longueur des travées et l'emplacement des piles en fonction de la portance du sol (comme dans le cas du viaduc de Monestier de Clermont ci-dessous), soit d'augmenter les charges d'exploitation et par conséquent le trafic.



*Figure 3 : Viaduc de Monestier de Clermont
Un tablier mince et aérien (structure bipoutre en acier) grâce à la mise en place de bracons*

Un matériau pérenne

Grâce aux nombreux systèmes de protection contre la corrosion, peinture ou revêtement métallique (galvanisation), l'acier conserve ses propriétés pendant toute la durée de vie de l'ouvrage et en assure la longévité.

De surcroît, l'amélioration continue de ces systèmes de protection permet de réduire considérablement la fréquence et le coût des phases d'entretien.

L'estimation du coût global de l'ouvrage est ainsi aisément maîtrisée.



Figure 4 : Grand Pont sur la Loire à Andrézieux - Bouthéon (Saint Etienne)

Quant aux aciers inoxydables, de plus en plus utilisés pour les passerelles, ils sont intrinsèquement stables et ne nécessitent aucun traitement de protection.



Figure 5 : Passerelle des Charveaux à Andrésy (Yvelines)

Esthétique

La résistance des aciers permet de concevoir des ouvrages à structures élancées qui favorisent l'intégration au site et l'adaptation à tous types d'environnements (urbain, vallonné, montagnard, accidenté, etc).



Figure 6 : Passerelle Simone de Beauvoir à Paris

PENDANT LA CONSTRUCTION DES TABLIERS

Préfabrication en atelier, rapidité d'exécution, sécurité pour le personnel de chantier

Les produits en acier (plaques, profilés, tubes, etc) sont fabriqués industriellement, dans des conditions optimales et reproductibles de qualité, de sécurité et de respect de l'environnement. Ils sont transformés aux dimensions voulues dans les ateliers du constructeur métallique, de façon industrielle et intensive (bancs de coupage, FAO, robots de soudage, dispositifs de métrologie laser, etc). Les travaux de soudage sur chantier sont ainsi limités, ce qui est un gage de qualité de l'ouvrage, de sécurité du personnel et de coûts réduits.

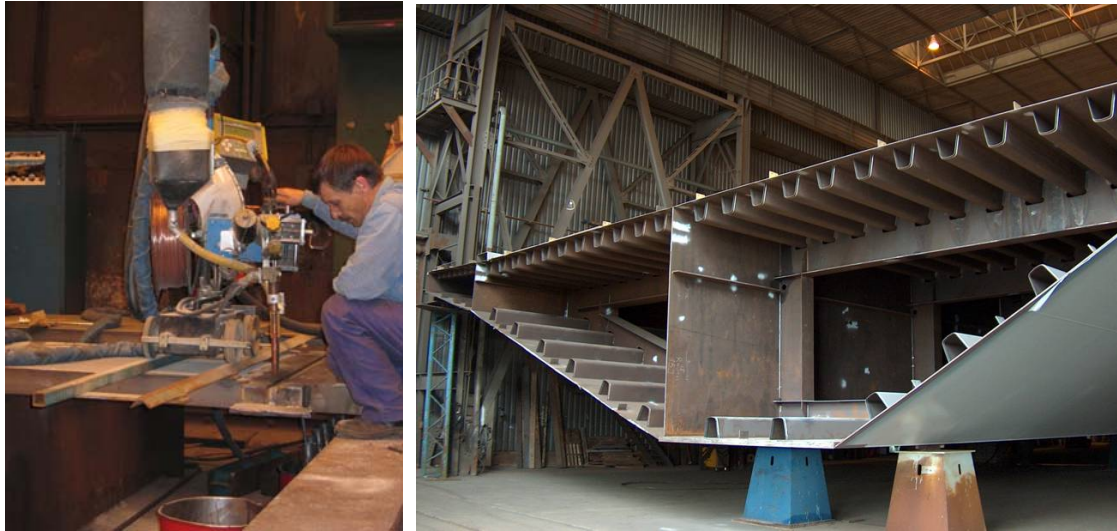


Figure 7 : Raboutage et pré-assemblage en atelier

Montage sur chantier

Les éléments préfabriqués (tronçons d'ouvrage) sont ensuite acheminés sur chantier, pour y être assemblés. L'organisation de chantier est ainsi plus efficace et les conséquences sont multiples :

- les délais de montage sont raccourcis et maîtrisés ;
- les risques d'accident sont considérablement réduits.

Enfin, la mise en service précoce des ouvrages provoque un retour sur investissement plus rapide pour les ouvrages en concession.



Figure 8 : Viaduc de Millau

Heures de travail au sol (atelier et chantier) : 96%

Heures de travail en hauteur (sur le tablier) : 4%

Aucun accident de chantier à déplorer

Moins de nuisances de chantier

La mise en œuvre de tronçons d'ouvrage transfère une part des travaux du chantier vers l'usine. Les chantiers se révèlent plus silencieux, plus propres, sans poussière ni déchet, et minimisent la gêne pour le voisinage. Un atout notamment en milieu urbain.

Les solutions acier appartiennent à la filière sèche qui, comme son nom l'indique, ne nécessite pas d'eau sur le chantier, ce qui économise la ressource et évite les écoulements, les fuites, etc. Le tablier, édifié sans coffrage, et donc sans risque de pollution par les eaux de lavage et par les huiles de décoffrage, se contente de fondations optimisées.

Livrés en temps voulu, les éléments métalliques réduisent l'emprise du chantier en limitant les besoins de stockage.

Enfin, la construction métallique supprime en grande partie les rotations de camions et la pollution atmosphérique générée.



Figure 9 : Pont levant Gustave Flaubert à Rouen

PENDANT LA PHASE DE VIE EN OEUVRE

Sécurité sismique

La ductilité des aciers, leur capacité à absorber l'énergie sismique, leur résistance aux efforts alternés, leur tenue en fatigue, sont des atouts majeurs en cas de tremblement de terre. Les dommages subis par les structures soumises à des secousses sismiques sont minimisés. Les risques d'effondrement sont annihilés. Les vies humaines sont préservées.

Entretien, maintenance

Les pathologies de l'acier, facilement visibles, sont bien cernées et se réduisent à la corrosion et à la tenue en fatigue.

Les systèmes de peinture actuels ont des durées de vie très importantes qui excèdent les 30 ans. Un simple contrôle visuel suffit pour détecter les éventuelles attaques de corrosion.

Les sollicitations alternées sont susceptibles de générer des fissures de fatigue. Les zones dites « à risque » sont toutefois connues dès la conception, traitées en conséquence, et inspectées en cours de service.

Les ouvrages en acier ne comportent donc pas de pathologies par voie non détectable (tels que « cancers »). Une surveillance régulière suffit pour détecter très tôt d'éventuels désordres. Ainsi les coûts de maintenance globaux sont faciles à appréhender et réduits à leur strict minimum.



Figure 10 : La rénovation de la ligne RATP n°6 a révélé une structure en état de conservation remarquable, bien que construite au début du XX^{ème} siècle

Évolutivité

Le développement durable se préoccupe des besoins des générations futures. Avec un tablier en acier, caractérisé par ses structures métalliques (poutres et pièces de pont, caissons, treillis, etc), il est facile d'intervenir pour adapter le tablier (ajout de voies de circulation automobile) et même, comme en témoigne le pont suspendu du 25 avril sur le Tage à Lisbonne, lui adjoindre en sus un tablier inférieur supportant un trafic ferroviaire.



Pont du 25 avril sur le Tage à Lisbonne

Figure 11 : Création d'une plateforme routière supérieure

Figure 12 : Création d'une plateforme ferroviaire inférieure

Dans le cas du pont de Volonne (Alpes de Haute-Provence), le pont suspendu en fin de vie a été utilisé pour supporter provisoirement l'ouvrage haubané en construction qui allait lui succéder (voir figure 13).

L'acier peut également venir en aide au tablier en béton afin, par exemple, d'en élargir la chaussée. Ainsi, dans le cas de la réhabilitation du pont d'Aquitaine à Bordeaux, la chaussée des viaducs d'accès a pu être élargie à 2 x 3 voies grâce à des caissons métalliques (voir figure 14)



Figure 13 : Pont haubané de Volonne
(Alpes de Haute Provence)



Figure 14 : Elargissement du viaduc d'accès au
pont d'Aquitaine à Bordeaux

Longévité des ouvrages

Grâce à ces facilités d'entretien, de maintenance, les ouvrages en acier durent longtemps. Tel est le cas de l'« Iron bridge » à Birmingham, qui date de 1779, et du viaduc de Garabit, âgé de plus de 120 ans.



Figure 11 : Iron Bridge – Birmingham (1779)



Figure 12 : Viaduc de Garabit (1884)

Quant au viaduc de Millau, il a été conçu dès l'origine pour une durée de vie de 120 ans. De plus, grâce à une parfaite maîtrise de l'atmosphère intérieure du tablier, les parois intérieures des caissons n'ont pas été peintes.



Figure 13 : Viaduc de Millau - Durée de vie initiale prévue à la conception : 120 ans (compte non tenu d'un allongement possible grâce à l'entretien, la maintenance et d'éventuelles réhabilitations)

EN FIN DE VIE

Déconstruction propre

Il existe peu d'exemples de déconstruction ou de démolition d'ouvrages en fin de vie, en raison de la longévité conférée aux tabliers en acier.

Toutefois, une construction en acier présente l'avantage de se démonter, en toute sécurité et proprement, en facilitant la séparation des matériaux et leur recyclage, sans mise en décharge. Les constituants du tablier sont plus facilement séparés. L'acier, aisément récupéré grâce à sa filière parfaitement organisée, permet ainsi de valoriser les autres déchets et de mieux rentabiliser l'opération de déconstruction dans son ensemble.



Figure 14 : Démontage du pont de Hammer à Düsseldorf



Figure 15 : Démontage du pont ferroviaire de Pontoise (1861 – 1999)

L'acier contribue à promouvoir le développement durable dans la construction

Dans ce contexte où environnement, santé et économie sont de plus en plus liés, l'acier n'a pas seulement une carte à jouer : il a de nombreux atouts.

Ce matériau recyclable, recyclé, pérenne, performant et neutre sur le plan sanitaire, prouve quotidiennement sa capacité à accompagner les démarches architecturales les plus inventives et les plus abouties, et à se plier aux conditions de mise en œuvre les plus exigeantes, notamment au regard des nuisances de chantier.

Ce potentiel fait de l'acier un allié indéfectible du développement durable, dans la construction en général et dans le génie civil en particulier.

Bibliographie :

Sites Internet :

www.otua.org
Diverses sources internet

Ouvrages :

Bulletins « *Ponts métalliques* » n° 20 à 23, OTUA
Bulletins « *Ouvrages métalliques* » n° 1 à 4, OTUA
« *L'acier écologique* », Usinor (groupe Arcelor), 2002
« *L'acier, sa fabrication, ses propriétés, sa mise en œuvre, ses emplois* », OTUA, 2003
« *Pedestrian Bridges in Stainless Steel* » (*Building Series, Volume 7*), Euro Inox, 2004
« *L'acier pour une construction responsable* », OTUA, 2005

Présentations :

« *La maintenance des ouvrages d'art métalliques à la RATP* », Olivier Dumont (RATP), 2004
« *Ponts métalliques – Conception générale* », Jean-Michel Vigo (OTUA), 2006