

## LA PRISE EN COMPTE DU COÛT GLOBAL EN CONSTRUCTION DANS LES POLITIQUES PUBLIQUES - ASPECTS MÉTHODOLOGIQUES

B. LEBOULLENGER

Le coût global est une notion familière dans l'industrie. Il l'est moins sur dans le BTP même si les bailleurs institutionnels ou sociaux ou les concessionnaires de travaux ou de service, tenus de maîtriser une rentabilité sur le long terme, savent la traduire par un loyer représentatif de l'ensemble des coûts. Le développement durable remet le coût global au centre des débats et le secteur de la construction doit combler son retard en la matière.

Il faut d'abord s'entendre sur un périmètre adéquat : le coût global cumule les coûts directs et indirects, immédiats et différés ainsi que les externalités monétisables en l'état des connaissances communes. Il faut ensuite s'entendre sur une méthode de calcul : c'est le rôle de la normalisation, qui propose une norme dédiée au coût global dans le bâtiment, l'ISO DIS 156/686. Il faut encore proposer un taux d'actualisation commun à la fois réaliste et incitatif (qui valorise les coûts futurs, en particulier celui des ressources épuisables comme le suggère le rapport STERN). Le MEEDM propose un taux unique de 4% avec une variante à 0% des énergies fossiles, ce qui revient à parier sur une hausse tendancielle de ces dernières à 5% par an au dessus de l'inflation. Il faut enfin familiariser les décideurs, et notamment publics, avec ce mode de calcul, afin de les inciter à insérer dans les marchés publics de construction un critère d'attribution en coût global et non en coût brut. C'est l'objet du taux unique d'actualisation, qui les sécurise juridiquement. C'est aussi le but d'un guide explicatif et d'un logiciel gratuit de simulation et de calcul mis au point par le MEEDM et publié sur son site internet.

## LIFE CYCLE COST ANALYSIS IN PUBLIC CONSTRUCTION SECTOR – METHODOLOGICAL ASPECTS

*Industry is used to with life cycle cost methodology. Construction sector is not as well, excepted social housing, facility managers or utilities companies, which are ought to take into account, , in long term run, financial ratios like return on investment and have to evaluate the adequate current loan representative of all costs. Sustainable development brightens the concept to a great issue and construction sector has to make up for lost time.*

*The first step to manage is to find a common agreement on the topic. Life cycle cost involves: direct and transitive costs, current and delayed costs, and at last externalities, but only those that can be evaluated into money as far as current knowledge can do. The second step is to set formula. Normalization can help, and a new ISO DIS 15/686, devoted to life cycle cost in the building sector, emerges as a common tool to share vocabulary and formula. The third step is to focus on the actualisation rate. French ministry of sustainable development suggests 4% as common rate, and 0% for fossil energy resources. It means that these are to increase by an average of 5% a year above inflation rate.*

*At last, purchasers and especially public sector (contracting authorities) need help in using concept, formula and criteria. Guidelines and tools have to be set on public, free access web site secure purchasers when they have to choose between 2 bidders, the best value for money in life cycle cost and not the lowest cost bidder.*

## RÉNOVATION ET DÉVELOPPEMENT DURABLE, CAS DE L'INSA DE STRASBOURG

C. GRESS, K. DUPRÉ, B. FLAMENT

Les nouvelles exigences formulées en termes de développement durable (Agenda 21, cibles HQE en France, etc.), ont pour conséquences la mise en place de nouveaux modes opératoires, des effets directs sur les produits et sur l'organisation des compétences. À l'heure actuelle, ces exigences sont de plus en plus satisfaites pour les constructions neuves, mais encore peu d'opérations exemplaires font cas du parc ancien qui représente plus de 60 % du parc immobilier en France. On comprend donc l'enjeu qu'il y aurait à s'intéresser de plus près à ce parc ancien. C'est donc fort de ce constat qu'il nous a semblé logique de vouloir mener un projet de recherche sur ce thème étant donné l'actualité de notre école. En effet, le bâtiment original de l'Insa de 1955 va faire prochainement l'objet d'une rénovation pour abaisser les coûts énergétiques mais aussi pour revaloriser l'image de l'institution. Il s'agit essentiellement d'un travail concernant l'enveloppe du bâtiment (façades et toitures).

À partir d'un exemple concret de rénovation d'un bâtiment à usage d'enseignement présentant une occupation diurne importante et variable, il s'agit de mettre au point une méthodologie préalable à la maîtrise d'œuvre en vue d'une transposition possible sur d'autres parcs immobiliers existants. Il s'agit aussi de prouver comment une réflexion énergétique qui, *a priori*, ne se concentrerait que sur l'enveloppe du bâtiment implique obligatoirement une réflexion multicritériale et plus globale.

## RENOVATION AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT, CASE OF THE INSA OF STRASBOURG

*The new requirements formulated in terms of sustainable development (Agenda 21, targets HQE in France, etc.) have for consequences the implementation of new operating modes, direct effects on products and on organization of the skills. At the moment, these requirements are more and more satisfied for the new constructions, but less exemplary operations make case of the ancient park which represents more than 60% of the real estate park in France. We thus understand the stake that it would be interested in it closer in this ancient park.*

*It is thus strong of this report that it seemed to us logical to want to lead a research project on this subject given the current events of our school. Indeed, the original building of Insa dated from 1955 is soon going to be the object of a renovation to lower the energy costs but also to revalue the image of the institution. This work will essentially concern the envelope of the building (facades and roofs).*

*From a concrete example of renovation of an education building presenting an important and variable diurnal activity, it is a question of working out a preliminary methodology in the project management with the aim of a possible transposition on the other existing real estate parks. It is also a question of proving how an energy reflection which, in priori, would concentrate only on the envelope of the building involves necessarily a multicriterial and more global reflection.*

## **EXPLOITATION D'UNE CONCESSION AUTOROUTIÈRE À FORTES EXIGENCES DE PERFORMANCE : MAÎTRISE DES COÛTS DU RISQUE ASSOCIÉ**

L. AUGÉ, I. CORNISH-BOWDEN, B. GÉRARD,  
R. FRENETTE

Le développement actuel des projets intégrés de conception, construction, financement et exploitation d'infrastructures de transports (réseaux autoroutiers, ouvrages d'arts, tunnels...) nécessite de plus en plus une approche globale de la gestion du cycle de vie des infrastructures.

Le cas étudié concerne la concession d'un réseau autoroutier européen (Pays-Bas), comprenant de nombreuses sections en tunnels, pour lequel le contractant devra assurer la conception, la construction, le financement, l'exploitation et la maintenance sur les 30 prochaines années. De plus, un système de pénalités a été mis en place par l'autorité afin de minimiser les indisponibilités du réseau. Ainsi, tout dépassement de critères de disponibilité par le contractant oblige celui-ci au paiement de fortes amendes.

OXAND, expert en vieillissement des ouvrages de génie civil et consultant en gestion des risques, a été mandaté par ce contractant pour l'appuyer dans l'évaluation du coût du risque associé à ces indisponibilités et lui permettre de provisionner les budgets nécessaires dans sa proposition technique et financière. Plus généralement, le travail décrit peut aussi servir à définir le rapport performance / coût des choix de conception initiaux et des niveaux de maintenance à mettre en œuvre tout au long de la durée d'exploitation, afin de minimiser les coûts rapportés à l'ensemble du cycle de vie des infrastructures.

Les conclusions ont fait ressortir le coût total du risque associé aux indisponibilités du réseau autoroutier, ainsi que sa répartition sur les trente années d'exploitation. Le contractant a ainsi pu provisionner les budgets nécessaires et communiquer de manière transparente auprès de son client pour les justifier.

## **OPERATION OF A HIGHWAY CONCESSION WITH HIGH PERFORMANCE REQUIREMENTS: CONTROL OF ASSOCIATED RISK COST**

*The current development of integrated DBFM projects (Design, Build, Finance, Maintain) for transportation infrastructure increasingly requires a global approach of infrastructure lifecycle management.*

*The study is about the concession of a european highway network (in the Netherlands), composed of numerous tunnel sections, for which the contractor will have to assure design, building, financing, operation and maintenance for the next 30 years. Moreover, a penalty system was set up by the authority in order to minimize network's unavailabilities. Consequently, the contractor will have to pay high penalties as soon as availability criteria are overpassed.*

*OXAND, expert in ageing of civil engineering structures and consultant in risk management, was mandated by this contractor to support him in the assessment of risk cost associated to these unavailabilities and to enable him to provision necessary budgets in his technical and financial proposal. More generally, described work can also be used to define the performance / cost ratio of initial design choices and of maintenance levels to be implemented throughout the lifetime, in order to minimize total costs on the whole infrastructure lifecycle.*

*Conclusions underline total risk cost associated to unavailabilities of highway network, as well as its repartition over the next 30 years of operation. Thus, the contractor was able to provision the required budgets and to communicate in a transparent manner towards its client to justify them.*

## **ÉTUDE COMPARATIVE SOMMAIRE DES PONTS EN BÉTON ET DES PONTS MIXTES EN TERMES D'ÉNERGIE CONSOMMÉE ET D'ÉMISSION DE GAZ À EFFET DE SERRE**

S. MONTENS

Le domaine de la construction représente une part importante des activités humaines en termes d'énergie consommée et d'émission de gaz à effet de serre (GES).

Comment prendre en compte le concept de développement durable pour un ingénieur de structures de génie civil ? Le programme de l'opération d'infrastructure étant fixé par le maître d'ouvrage, le bureau d'études ne peut prendre en compte ce concept qu'au travers de la conception de la structure. Le choix des matériaux de construction fait partie de cette liberté qui reste à l'ingénieur de structures.

Nous nous intéresserons à deux indicateurs environnementaux : la consommation d'énergie primaire et les émissions de gaz à effet de serre. Ces dernières contribuent au réchauffement climatique.

La présente étude ne prétend pas établir des conclusions définitives dans ce domaine en plein défrichage. Elle représente plutôt une première approche, destinée à sensibiliser l'ingénieur de structures :

- aux ordres de grandeur qui sont en jeu,
- aux sources d'informations disponibles,
- et aux méthodes d'évaluation envisageables.

## **BRIDGES IN TERMS OF ENERGY CONSUMPTION AND EMISSION OF GREENHOUSE GAS**

*In the "environmental" component of sustainable development, energy consumption and emission of greenhouse gas are among the most important aspects for civil engineering works.*

*We first situate the importance of these concepts using a few values. Then we will analyze the documentary sources available to quantify these environmental effects. The principal consists in the environmental and health declaration forms for construction products, established by the suppliers of materials and freely available for consultation.*

*A comparative study will be made between prestressed concrete bridges and composite steel-concrete bridges of short to medium span. For each type of structure we will determine the average quantities of materials consumed. The ratios of energy consumption and emission of greenhouse gas will be applied to these quantities, and we will deduce the overall values the two types of bridges.*

*The limitations of this analysis will be clarified, and some proposals will be made for a better comprehension of these problems.*

## **DÉCONSTRUCTION ET RÉGÉNÉRATION DES GRANDS OUVRAGES MÉTALLIQUES DU PATRIMOINE FERROVIAIRE**

P. SCHMITT, M. TRIQUET

Le patrimoine ferroviaire français contient un certain nombre de grands ouvrages d'art métalliques dont les âges atteignent couramment 100 à 150 ans. Ils sont constitués de matériaux métalliques très différents des aciers actuels (fonte, fer puddlé, premiers aciers...), aux propriétés particulières et ont généralement vécu une existence mouvementée : agrandissement, élargissement, bombardement, relèvement, modification d'appui, renforcement, etc.

Ils constituent aujourd'hui des maillons stratégiques de l'infrastructure ferroviaire, car amenés à supporter des trafics toujours plus lourds, ils sont souvent le siège de phénomènes de fatigue généralisée.

Les opérations de remplacement de ces ouvrages anciens, dont certains occupent une place de choix dans le patrimoine

industriel national, sont aujourd'hui conçues dans une approche globale d'opération, avec comme objectif principal la nécessité d'assurer la continuité de service de l'infrastructure et la moindre perturbation des circulations. Elles s'inscrivent dans un cycle de vie et de mort des ouvrages pris individuellement au sein d'un réseau global qui doit rester immuablement opérationnel.

Cet article aborde les techniques imaginées et mises en œuvre aujourd'hui par le Département des Ouvrages d'Art de la SNCF pour régénérer ces grands ouvrages en garantissant la continuité de service.

Il traite aussi bien des précautions particulières prises pour la déconstruction des structures métalliques anciennes compte tenu de leur historique que des sujétions importantes qui gouvernent la construction des structures les remplaçant dans un environnement très contraint et des risques qui y sont liés.

Il s'appuie sur quelques exemples récents d'opérations de régénération d'envergure telles que le pont sur le Rhône à Culoz, le pont franchissant la Seine à Oissel, le franchissement de la Durance à Orgon ou encore la « passerelle » sur la Garonne qui dessert Bordeaux.

## **DEMOLITION AND REFURBISHMENT OF OLD IMPORTANT STEEL RAILWAY BRIDGES**

*The French railway network contains many old important steel bridges, which are currently 100 or 150 years old. They are made of several types of materials, quite different from modern steel (cast iron, iron, early steel, ...) with particular behaviour properties. These bridges have usually experienced many happenings: enlargement, widening, bombardment, re-erection, modification of bearings, strengthening, etc.*

*They are now of strategic importance in the railway network, as they support always higher loading, and are therefore submitted to generalized fatigue damages.*

*The replacement of these bridges, among which some belong to the national industrial patrimony, are now designed in a global approach, in the aim of reducing as much as possible disturbances caused to the railway traffic.*

*This article deals with the techniques that have been invented by the bridge Department of the SNCF to replace this bridges without the least interruption of the service.*

*It deals first with the care that has to be taken to demolish old metallic structures regarding to their history. It deals also with the constraints who govern the construction of the replacing structures and the related risks.*

*The article presents a few recent examples of reconstruction such as the bridges over the Rhône in Culoz, the viaduct crossing the Seine in Oissel, the crossing of the Durance River in Orgon, or the "passerelle" over the Garonne in Bordeaux.*

## **TRAITEMENTS ÉLECTROCHIMIQUES DE RÉHABILITATION DES OUVRAGES EN BÉTON ARMÉ DÉGRADÉS PAR CORROSION**

**V. BOUTEILLER**

La corrosion des armatures est la cause principale de dégradation des structures en béton armés. Elle peut survenir suite à la carbonatation du béton ou bien à la présence d'ions chlorure. Un diagnostic est nécessaire pour permettre, d'une part, d'identifier la cause de la dégradation et, d'autre part, de

proposer des solutions de réparations adéquates. En plus de la réparation traditionnelle largement utilisée, des méthodes électrochimiques telles que la protection cathodique, la réalkalisation et la déchloruration sont également disponibles. Les principes théoriques, les applications pratiques, les contrôles à effectuer pour chacune des ces techniques sont présentées dans ce document. Certains aspects des traitements électrochimiques (courant imposé, anode sacrificielle, durée du traitement, efficacité, durabilité, limites ...) font l'objet d'une discussion. Enfin un certain nombre de références bibliographiques sont fournies.

## **ELECTROCHEMICAL REPAIR TECHNIQUES FOR CORRODING REINFORCED CONCRETE STRUCTURES**

*Steel corrosion is the main cause of degradation in reinforced concrete structures. It can either be due to carbonation or chloride attack. Assessment of the structure requires an investigation to determine the cause of the damage which in turn will provide suitable repair solutions. Patch repair has been widely used, but today electrochemical techniques such as cathodic protection, realkalization and chloride extraction are also available. For each technique, basic principles, processes, monitoring, controls, are presented in this document. Moreover, certain issues (impressed current, sacrificial anodes, time treatment, efficiency, durability, limits,...) are discussed. Finally, some references are given.*

## **RETOUR D'EXPÉRIENCE SUR UN BÉTON Âgé DE 30 ANS CONTENANT UN CIMENT RICHE EN LAITIER**

**C. CHARRON, M. LION, A. JEANPIERRE, A. AMMOUCHE**

Il est réalisé dans cette étude le diagnostic d'un béton à base de ciment au laitier utilisé dans les années soixante-dix pour la construction de voiles en béton armé d'un ouvrage situé en bordure de mer. Les résultats de cette étude permettent de montrer que le béton ne présente pas de pathologie ou de signe de dégradation marquée en lien avec son environnement. Après 30 ans d'exposition, les fronts de carbonatation et des chlorures n'ont toujours pas atteint la première nappe d'armatures. L'étude présentée détaille les résultats des nombreux essais réalisés : mesures de coefficient de diffusion des chlorures, mesures de profondeur de carbonatation, détermination des profils de chlorures et de sulfates, analyses par DRX ainsi que l'examen au MEB.

## **FEEDBACK EXPERIENCE FROM A 30 YEARS OLD CONCRETE USING CEMENT WITH A HIGH CONTENT OF BLAST FURNACE SLAG**

*In this study, we analyze the aspect of a slag cement concrete used in the seventies for the construction of the walls of a structure located close to the channel sea. From different characterization tests (chemical, physical, and micro structural), it can be conclude that the concrete is not showing any pathology and any important attack, due to the marine environment. After being exposed during 30 years, the chlorides ions have not reach the steel metal bar reinforcement and the carbonation depth is still low. This study details the results of chloride diffusion coefficient and carbonation depth measurements, sulfates and chloride quantification, XRD analysis, and SEM examination.*