

# ARCHTEC

*Systeme primé pour le renforcement, la réparation  
et la stabilisation des ponts à arches en maçonnerie*



THE QUEEN'S AWARDS  
FOR ENTERPRISE:  
INNOVATION  
2002



# Le système Cintec

## L'engagement déontologique de Cintec

Cintec s'engage à reconnaître et à respecter au plan mondial les sensibilités des communautés locales en ce qui concerne les ouvrages qu'elles considèrent comme étant leur patrimoine, bâtiments ou sites historiques, que ces ouvrages aient été ou non officiellement reconnus comme tels. Dans cette optique, Cintec travaille en conformité avec les directives des normes du Secrétariat de l'Intérieur relatives à la restauration des sites historiques, les principes de la Charte de Venise de 1964 et de la Charte de Burra de 1979.

## Exigences imposées aux ponts

L'Amérique du Nord compte plus de 1000 ponts à arches en maçonnerie. En Europe le nombre d'ouvrages de ce genre se chiffre à plusieurs dizaines de milliers, dont 40.000 pour le seul Royaume-Uni, activement utilisés pour le trafic routier, ferroviaire et fluvial. La plupart d'entre eux ont plus de 100 ans d'âge. À partir de janvier 1999, la directive européenne 96/58/CEE impose que tous les ponts-routes porteurs de voies principales soient capables de supporter des charges par essieu de 40 tonnes.

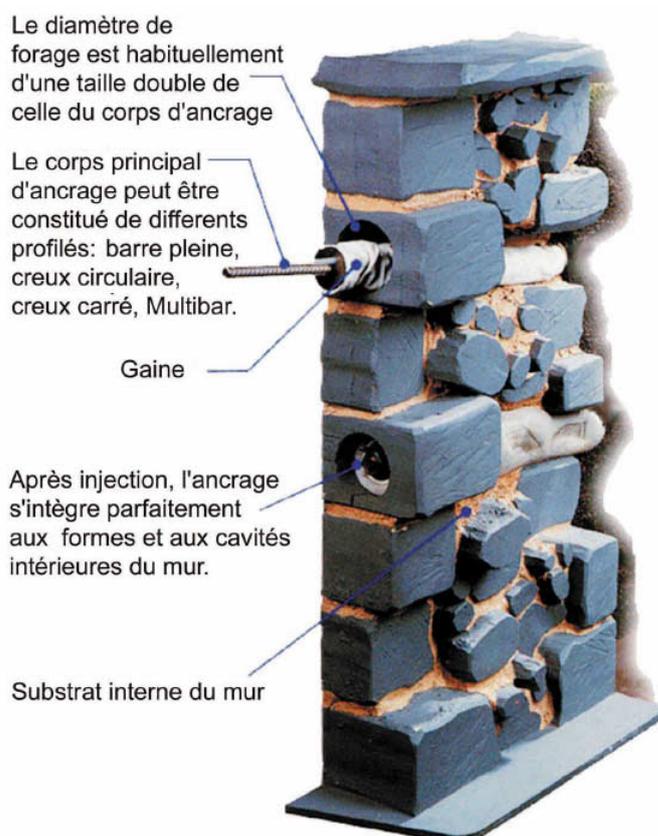
## Principe de fonctionnement

Le système d'ancrage Cintec se compose d'une barre d'acier enrobée d'une gaine textile tissée dans laquelle on injecte à basse pression un coulis de mortier spécialement conçu à cette fin. Le dispositif est mis en place à travers des trous que l'on fore en utilisant des procédés de forage au diamant à sec ou humide. La gaine élastique en polyester tissé retient le coulis et se dilate de jusqu'à deux fois son diamètre pour se mouler dans les cavités et les interstices du mur, créant ainsi une liaison mécanique solide sur toute la longueur de l'ancrage. Ce dispositif rend superflu dans la plupart des cas la mise en place de plaques de répartition à l'extérieur de la structure.

Le coulis est un mortier à base de ciment Portland additionné de granulats d'une granulométrie appropriée et d'autres constituants conçus pour donner après mélange à l'eau, un coulis fluide apte au pompage et présentant une excellente résistance sans retrait.

## La réponse Archtec

Archtec constitue une solution de consolidation unique englobant un service de diagnostic, d'étude et d'installation basé sur une technologie et des méthodes de forage très avancées spécialement mises au point pour renforcer la maçonnerie des ponts à arches.



## Des performances démontrées

Les qualités intrinsèques du système d'ancrage Cintec sont documentées par des années d'essais à grande échelle. Pour chaque projet et pour chaque application, qu'il s'agisse d'immeubles de grande hauteur ou de structures en maçonnerie anciennes, de ponts ou de murs de soutènement, Cintec garantit que les principes physiques à la base de la méthodologie employée ont fait la preuve de leur efficacité.

## Performances

Une étude indépendante effectuée par le Building Research Establishment basée sur des essais de vieillissement accéléré simulant un cycle de vieillissement de quarante ans a confirmé les performances à long terme du système d'ancrage.

## Durabilité

### Gel-dégel

Le rapport de l'essai de performance de tenue unidirectionnelle aux cycles de gel-dégel conduit en Amérique du Nord selon les méthodes d'essai rigoureuses de l'ArconTEST Incorporated appliqué au système d'ancrage de maçonnerie Cintec (EN 772) ne fait apparaître aucune dégradation du coulis ni de la maçonnerie d'enrobage.

### Tenue au feu

Les essais au feu effectués par le Building Research Establishment (Royaume-Uni) en 1993, ont confirmé que le système d'ancrage Cintec mis en place dans les règles de l'art, procurait une résistance au feu de deux heures à 1200°C.

## Environnement

Le système Archtec s'impose à plusieurs égards comme un choix environnemental judicieux :

- son bilan énergétique est de 90% inférieur à celui des procédés conventionnels ;
- il ne produit virtuellement aucun impact sur l'environnement et les voies d'eau sensibles ;
- il ne défigure pas les structures et les ponts ;
- les chantiers Archtec occupent peu de terrain ;
- Archtec n'occasionne que peu ou pas de ralentissement ou de déviation du trafic.

## Résistance et flexibilité

Des modèles de laboratoire d'un pont à arches ont été construits en briques à partir d'un pont original au Royaume-Uni. Le point de rupture en charge d'un de ces modèles était de 20 tonnes. Le renforcement de l'ouvrage effectué à l'aide de barres d'armature simples disposées sur des positions précises calculées par des méthodes élaborées a permis d'élever le point de rupture à 46 tonnes. Le recours à un procédé d'ancrage plus moderne à barres multiples a porté le point de rupture à 45 tonnes.

Ces essais ont mis globalement en évidence les résultats suivants :

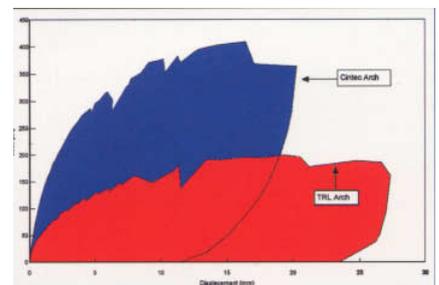
- augmentation de la capacité portante de l'arche d'un facteur de 2,05 ;
- les premières fissures et points d'articulation n'apparaissent jamais en dessous de la ligne de charge ;
- de manière générale, le dispositif d'ancrage installé retarde la formation de points d'articulation ;
- la liaison entre la maçonnerie et l'ancrage est saine ;
- le dispositif de renfort est relativement simple à installer ;
- le système fait preuve d'une flexibilité significative et d'une meilleure ductilité.

## Une technologie primée

La technologie Cintec a été couronnée par de nombreux prix très convoités dans le domaine de la conservation, de l'environnement et de la préservation des ponts historiques.



Test conduit par le laboratoire de recherche des transports : une progression de la résistance de 20 tonnes à 41 tonnes.



Le test de charge / déplacement appliqué au modèle d'arche fait état d'une progression substantielle de la résistance.



# Cas Concrets *Ponts routiers*



## **Snowbridge** **Glasgow, Écosse**

### **La structure**

Dissimulé au cœur des jardins paisibles de Kelvin Grove Park à Glasgow en Écosse, Snowbridge avait dans l'esprit de beaucoup élégamment tiré sa révérence pour une retraite loin des projecteurs. Il y a quelques décennies, l'arrivée des chargeurs mécaniques avait sonné le glas d'une glorieuse carrière passée à officier en qualité de voie de passage principale pour évacuer la neige accumulée dans les rues de Glasgow.

### **Le problème**

Suite à sa désaffectation, le pont souffrait comme la plupart des structures tombées en désuétude de négligence et d'un manque d'entretien chronique résultant d'un classement systématique en queue de liste dans les budgets.

En 1987, CINTEC fut invité à proposer une estimation des travaux nécessaires pour réparer les dommages occasionnés par ces années d'abandon. Suite à une étude approfondie et au rapport établi par Engineers Ove Arup and Partners, un vaste plan de maintenance et d'ancrage fut proposé au conseil municipal pour remettre l'ouvrage en état.

### **La solution**

Le plan prévoyait essentiellement l'introduction de profilés d'ancrage carrés creux en acier inoxydable dans les voussoirs, les intrados des arches et les murs d'appui. La méthode de forage retenue était le carottage humide au diamant avec conservation de la carotte en vue de préserver la structure en pierre naturelle. Ce procédé garantissait la précision requise et répondait à la nécessité de limiter au maximum des vibrations pour ne pas fragiliser davantage la structure.

Les propositions sont restées en suspens pendant plusieurs années avant que le feu vert soit donné aux travaux. Les autorités ont en fait envisagé sérieusement de démolir complètement l'ouvrage avant que l'on ne découvre qu'il servait de voie de passage à des câbles optiques de télécommunication entre les États-Unis et le Royaume-Uni.



## **Red Bridge - Tasmanie**

### **La structure**

Le " Red Bridge " qui traverse l'Elizabeth River à Campbell Town en Tasmanie est le plus ancien survivant des ponts à arches en briques construits en Australie. L'ouvrage se déploie sur trois travées en arc en segment de cercle de 7,6 mètres et fut construit entre 1836 et 1838 par les forçats avec des briques d'argile rouge fabriquées sur place. Il repose sur une substructure en basalte ; les piles, les culées et les semelles de palée sont en grès.

### **Le problème**

La largeur du pont d'origine était suffisante pour deux voies de circulation modernes augmentées de trottoirs. Il n'existe actuellement aucune autre voie d'accès pratique et aucun projet de construction n'est prévu dans ce sens dans un proche avenir. Le ministère tasmanien des infrastructures, de l'énergie et des ressources a décidé de procéder à la restauration structurelle et à la consolidation de l'ouvrage de manière à le rendre apte au passage des véhicules modernes lourds. Le cahier des charges incluait également en prévision de l'évolution future le renforcement à la norme de charge SM1600 qui autorise des charges supérieures à 36 tonnes sur un train à 3 essieux.

### **La solution**

La branche australienne de Cintec a formé un consortium avec l'entreprise Van Ek Contracting de Tasmanie, réputée pour sa maîtrise, tant dans le domaine de la conservation des anciens ponts que dans celui de la construction d'ouvrages neufs. Parmi les déclarations d'intérêt venues de toute l'Australie pour le contrat d'étude de projet et de construction, seule la proposition du consortium Cintec basée sur le procédé Archtec répondait aux critères posés par le ministère. Le contrat a ainsi été négocié sans autres appels d'offres.

L'analyse effectuée par le bureau d'ingénieurs-conseils d'Archtec, Gifford and Partners a démontré la faisabilité du renforcement du pont à la norme de charge SM1600. Des formules spéciales de coulis et de mortiers de chaux ont été utilisées pour garantir que le pont pourrait répondre aux exigences de l'évolution future prévisible sans réparations majeures.



## **Clifton Bridge** **Scottish Borders, GB.**

Construit en moellons de roche foncée irréguliers, ce pont à deux travées se déploie sur 7 mètres. Les études lui ont attribué une capacité de charge de 7,5 tonnes. Implanté dans un environnement rural, il représente l'unique voie de passage pour certains usagers. Dans ce contexte, la solution ARCHTEC a été retenue dans la mesure où elle n'occasionnait qu'un minimum d'interruption du trafic et qu'elle était la plus respectueuse de l'environnement. Le recours à un système de sabots, en comparaison, aurait eu des effets très perturbateurs. Le conseil des Scottish Borders disposait d'une fenêtre d'opportunité que les desiderata de la communauté agricole rurale limitaient à quinze jours. Les travaux de réfection du pont ont été terminés dans les délais sans dépassement du budget prévu et sans occasionner d'interruption de la circulation pendant toute leur durée.



## **Pont Llanafan** **Ceredigion, Pays de Galles**

Cette structure historique représentait le premier projet Archtec au Pays de Galles et sa réfection nécessitait l'autorisation de l'administration du patrimoine. Le pont est resté ouvert à la circulation pendant toute la durée des travaux, le forage des trous centraux s'opérant de nuit. Douze ensembles d'ancrage d'une longueur moyenne de 7 mètres ont été installés aux fins du renforcement ainsi que trois ancrages longitudinaux pour la stabilisation de la voûte.



## **Bodiam Bridge** **Hertfordshire, Royaume-Uni**

### **La structure**

Le site se trouve sur une voie romaine construite sur une levée de branchages et de gravats pour desservir une forge. Construit en 1797, ce pont à une seule voie en dos d'âne est constitué de trois arches en briques. Il ne présente aucune trace laissant supposer des travaux de réfection antérieurs.

### **Le problème**

Il semblerait que des problèmes aient surgi dès la construction initiale. On constate un gauchissement important dans la partie inférieure de la maçonnerie du côté nord du pont, qui disparaît à mesure que la construction s'élève. Au cours des dernières années, le pont a souffert des effets de l'intensification de la circulation aggravés par les hivers très rigoureux des années 1986 et 1987. Il en a résulté l'apparition de crevasses dans la maçonnerie adjacente aux voussoirs, des déformations des tympans et un délitement des murs d'aile côté sud. Le Conseil du comté a invité Cintec à lui soumettre une proposition visant à utiliser des ancrages à coulis de ciment pour lier l'arche sur toute sa portée.

### **La solution.**

Pour prévenir tout écartement ultérieur des arches, Cintec a proposé de réaliser l'ancrage sur toute la largeur du pont en décalant les tirants en quinconce des deux côtés, afin d'éviter que les contraintes latérales ne se transfèrent selon un seul plan près de l'axe du pont en occasionnant l'apparition de nouvelles fissures à cet endroit. Après injection du coulis, les trous d'ancrage ont été bouchés à l'aide de mortier coloré pour se confondre avec la maçonnerie.

Des ancrages plus petits ont été mis en œuvre pour réparer les murs d'aile sud, où les carottes forées à travers les portions renflées du mur avaient révélé qu'une paroi d'une demi-brique se décollait de l'épaisseur du mur. La force de liaison élevée autorisait un ancrage efficace dans une paroi de seulement une demi-brique d'épaisseur ainsi que la dissimulation de l'extrémité de l'ancrage en retrait dans la façade.

# Cas Concrets *Ponts ferroviaires*



## **Outwood Viaduct** **Radcliffe, Royaume-Uni**

### La structure

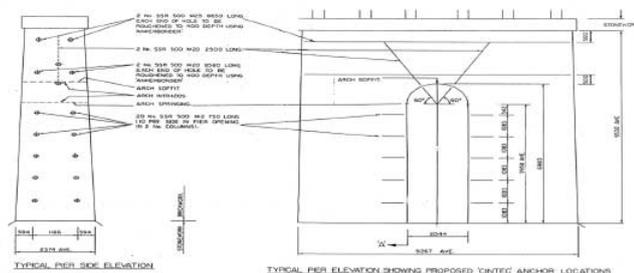
Après sa fermeture en 1966, le viaduc Outwood avait été laissé à l'abandon. Sa démolition proposée par British Rail avait été différée suite à une objection publique introduite par la fondation du patrimoine ferroviaire qui lui a valu le classement avec le statut Grade II. Le viaduc enjambe l'Irwell à l'ouest de Radcliffe, dans le grand Manchester. Fabriquées et érigées en 1881, les travées ont une portée totale de 102,4 m. Chacune se compose de 6 arcs à âme pleine en fonte d'acier à tympan ouvert et contreventement latéral.

### Le problème

Dans le passé, British Rail avait déjà fait une tentative de consolidation des quatre piles en briques tronconiques en érigeant une nouvelle maçonnerie au travers des jours d'arcade uniques originels au niveau de chaque pile. Ce nouvel-œuvre avait cependant commencé à se désolidariser de la structure ancienne, avec l'apparition de multiples fissures prononcées.

### La solution

Cintec a fourni 108 ensembles d'ancrage de liaison à tiges filetées et à barres d'armature d'une longueur variant entre 0,75 et 9 mètres. Ils ont été engagés dans les crevasses afin de resolidariser la maçonnerie de renfort interne à la structure originale comme le montre le croquis de la proposition ci-dessous. Après rénovation, le viaduc Outwood a été officiellement réouvert à la circulation comme voie piétonne, cavalière et cyclable en 1999 par Sir William McAlpine, président de la fondation du patrimoine ferroviaire.



## **Teviot Viaduct** **Scottish Borders, Royaume-Uni**

### La structure

Construit en 1847, le viaduc de Teviot enjambe la rivière Teviot à Roxburgh, dans les Scottish Borders.

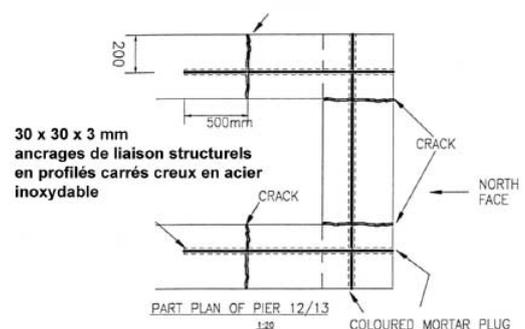
### Le problème

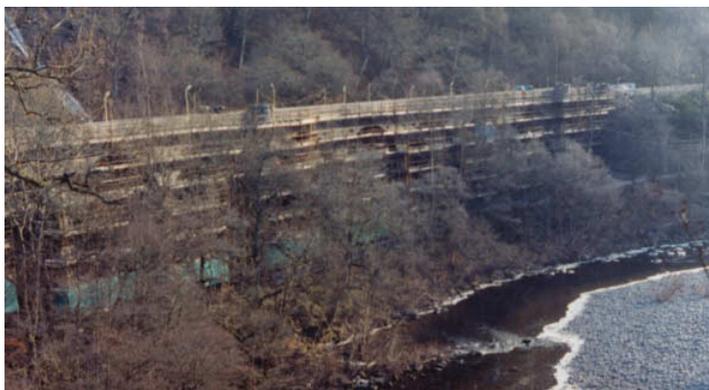
Suite à la désaffectation de la voie de chemin de fer, la maçonnerie en pierre s'est dégradée par manque d'entretien, occasionnant l'apparition de nombreuses et d'importantes fissures, tant au niveau des arches que des piles. Plusieurs blocs de pierre se sont descellés et sont tombés. Les autorités ont cependant estimé que l'importance de l'ouvrage en tant qu'élément du patrimoine local justifiait sa préservation. Le conseil de la British Railways et la fondation du patrimoine ferroviaire ont débloqué les fonds nécessaires à cette fin.

### La solution

La première phase de la restauration a consisté à remplacer les voussoirs fendus ou tombés sur chaque arche. Pour réduire le risque d'un effondrement en chaîne, les pierres attenantes ont été maintenues en place par des ancrages de liaison structurels en profilés carrés creux en acier inoxydable de 1,22 m. Ce dispositif a consolidé l'arche pendant que les pierres manquantes étaient remplacées.

La seconde phase a consisté à solidariser les murs extérieurs de chaque pile grâce à l'installation de 112 dispositifs d'ancrage au total.





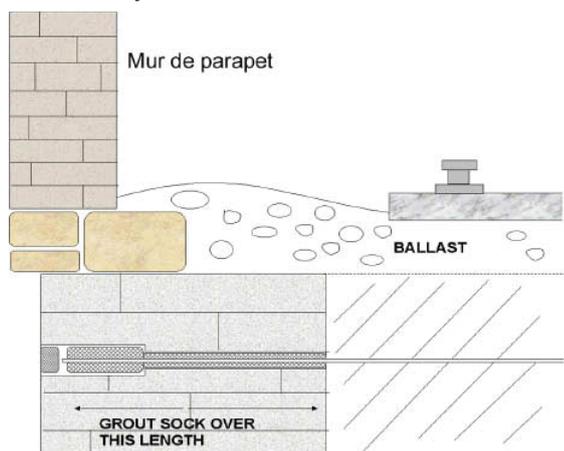
## Killiecrankie Viaduct Tayside, Écosse

### La structure

Le viaduc de Killiecrankie a fait l'objet de travaux de réparation et de renforcement dans la perspective d'un accroissement de la vitesse maximale autorisée sur la voie visant à permettre le passage de trains interurbains circulant à des vitesses de 201 km/h. Ces améliorations s'intégraient dans un vaste programme couvrant l'ensemble de la ligne des Highlands de Perth jusqu'à Inverness en Écosse. La courbure de la structure à arches multiples épousant les contours du loch Glen Garry corsait encore le défi technique. L'ingénieur-conseil Scott Wilson de Glasgow avait estimé que des mesures de renforcement étaient nécessaires pour que le viaduc puisse résister aux forces latérales accrues exercées par les trains à grande vitesse.

### La solution

Des ensembles d'ancrage à barres d'armature déformés d'une longueur variant entre 1 m et 4,5 m ont été disposés horizontalement sous le viaduc sur toute sa largeur. Les ancrages reliaient la maçonnerie d'un tympan à celle du tympan opposé en passant par les joints en V des naissances de voûte. Seules les parties de l'ancrage encastées dans les murs des tympans ont fait l'objet d'un gainage avec injection de coulis de mortier (voir schéma ci-dessous). Pour accroître les valeurs de tension, les ancrages ont été disposés dans des trous de diamètres étagés de manière à ce que la gaine puisse se dilater à un diamètre supérieur à celui du trou intérieur. D'autres ancrages ont été installés à travers les voussoirs dans la maçonnerie de l'arc. Au total, 230 ensembles d'ancrage ont ainsi été mis en place par l'entreprise experte en forage Ritchies de Kilsyth.



## Deansgate Viaduct Manchester, Angleterre

### La structure

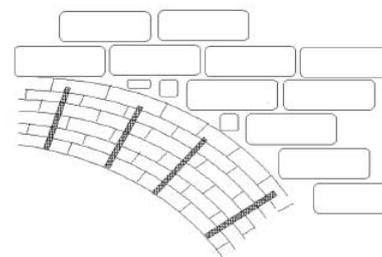
Situé en plein cœur de Manchester, le viaduc ferroviaire très fréquenté de Deansgate enjambe de nombreux bâtiments, routes et canaux.

### Le problème

En 1997, la circulation ferroviaire normale fut perturbée par un incendie destructeur qui s'était déclaré dans un atelier situé juste en dessous. La chaleur intense générée par le brasier causa d'importants dégâts et un affaiblissement des sept rangs de maçonnerie constituant l'arc de la voûte.

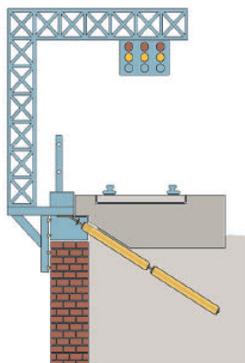
### La solution

L'équipe d'ingénieurs-conseils chargée d'évaluer les dommages recommanda l'application d'une solution de renforcement Cintec. Après élimination totale de tous les restes du rang extérieur, les six autres rangs ont été sondés au marteau afin de localiser les zones de délitement interne et d'en déterminer l'ampleur. Le sondage a ainsi décelé deux rangs nécessitant des réparations. Suite à ces travaux, 500 ancrages en acier inoxydable Cintec, de type RAC de 609 cm de long ont été installés perpendiculairement à la voûte, espacés de 508 cm l'un de l'autre. Les ancrages ont été judicieusement décalés afin d'éviter la formation de lignes de cisaillement. En raison de la configuration en hauteur et renversée du dispositif, chaque ensemble d'ancrage a été doté d'un tube de purge d'air pour permettre l'injection du coulis à la pression requise sans risque de formation de poches d'air à l'autre extrémité. Aucun ensemble d'ancrage n'allait au-delà du milieu du sixième rang de briques afin de ne pas percer la membrane imperméable posée d'origine, isolant l'arc de la voûte des matériaux de remplissage de l'arche. L'aspect original de l'ouvrage a été restauré en maçonnant des tronçons des carottes forées à l'embouchure des trous de passage de chaque ancrage. Toute trace des travaux effectués a ainsi été rendue invisible à l'œil nu. Le viaduc est à nouveau opérationnel et dessert la gare de Deansgate et le centre de conférence G-Mex.



# Applications

Les méthodes traditionnelles de réparation de structures et de fondations sont longues, très coûteuses et souvent irréalisables. En comparaison, le système Cintec, grâce à sa grande polyvalence, permet de résoudre relativement aisément les problèmes de structure fondamentaux.



## Systèmes de signalisation en cantilever

Le système Cintec a été mis à contribution pour sécuriser le signal en cantilever du pont en l'ancrant à l'arche. Le système Cintec utilisé n'a occasionné qu'un minimum d'interruptions de la circulation par rapport aux six semaines initialement proposées.

*Une solution simple et élégante, rapide et relativement peu onéreuse de renfort - Gare de Fenchchurch Street, Londres Royaume-Uni*

## Murs de parapet

Les exigences imposées varient considérablement selon les murs et portent sur un large spectre de besoins : résistance aux impacts, déviation de trajectoire des véhicules, protection du voisinage, compatibilité avec la structure de maçonnerie dans son ensemble, aspect de la solution de renfort mise en œuvre.

*La flexibilité du système Archtec permet de faire face à la diversité des problèmes que pose le renforcement des tunnels.*



## Ancrage de sol

Ce système s'utilise pour ancrer les culées de pont aux talus lorsque les conditions de stabilité du terrain sont précaires. Les essais effectués ont montré que le système d'ancrage de sol Cintec pouvait être mis en œuvre avec succès y compris dans les conditions de terrain les plus délicates et donner des résultats dépassant les estimations.

*Les ancrages de sol permettent de restaurer efficacement l'interaction entre le remblai et la structure.*

## Tunnels

Le système Archtec présente une série d'avantages décisifs pour le renfort des voûtes de tunnels en maçonnerie. Contrairement aux méthodes conventionnelles qui requièrent une réfection de grande ampleur et des modifications profondes de la structure originale, le système Archtec exerce sa fonction de renfort à partir des éléments structurels initiaux.

Le système Archtec autorise une utilisation restreinte du tunnel pendant la mise en place, n'imposant ainsi pas de déviations ou le recours à des moyens de transport alternatifs coûteux.



*Pour le renfort des murs de parapet, le système Archtec ne représente qu'une fraction des coûts des travaux entrepris selon les méthodes classiques.*

## États Unis

Cintec America Inc.  
200 International Circle, Suite 5100,  
Hunt Valley, Maryland  
21030, USA  
Tél: 1 410 761-0765  
1 800 363-6066  
Fax: 1 800 461-1862  
E-mail: solutions@cintec.com

## Canada

Cintec Reinforcement Systems  
38 Auriga Drive, Suite 200  
Nepean, Ontario, Canada  
K2E 8A5  
Tél: (1) 613 225-3381  
Fax: (1) 613 224-9042  
E-mail: solutions@cintec.com



**SÉCURISER LE PASSÉ POUR L'AVENIR**

## Royaume-Uni

Cintec International Ltd.  
Cintec House  
11 Gold Tops  
South Wales, UK  
Newport NP204PH  
Tél: +44 (0) 1633 246614  
Fax: +44 (0) 1633 246110  
E-mail: hqcintec@co.uk

**Visitez notre site Web pour obtenir des informations actualisées et des données de test, ainsi que des informations sur les différents projets menés dans le monde entier.**

[www.cintec.com](http://www.cintec.com)