

GUIDE D'ENTRETIEN DES PONTS

Réaliser les travaux en sécurité



Cet ouvrage a été réalisé par Régis Dorbessan,
responsable de domaine à la direction technique de l'OPPBTBTP.

L'OPPBTBTP tient à remercier les organisations professionnelles dont le STRRES (syndicat national des entrepreneurs spécialistes de travaux de réparation et de renforcement des structures) et la FNTBTP pour leur appui et soutien lors de la réalisation de cet ouvrage.



OPPBTBTP

L'OPPBTBTP est l'Organisme professionnel de prévention du bâtiment et des travaux publics. Sa mission est de conseiller, former et informer les entreprises de ce secteur à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles et à l'amélioration des conditions de travail.

L'OPPBTBTP s'appuie sur des équipes réactives, engagées et professionnelles pour promouvoir et développer l'offre de services élaborée pour tous, quels que soient la taille de l'entreprise, son activité ou son niveau d'expertise en prévention. L'Organisme fait de la prévention un véritable levier de performance et de progrès et met à disposition sur son site www.preventionbtp.fr des publications, outils pratiques, fiches conseils, solutions, vidéos, ainsi que des articles d'actualité pour aider les entreprises dans leur gestion de la prévention.

GUIDE D'ENTRETIEN DES PONTS

Réaliser les travaux en sécurité



PRÉFACE

Les constats de ruine d'ouvrages à l'étranger mais aussi parfois en France, sont désormais fréquents. Cette actualité nous rappelle l'urgence de l'entretien de nos infrastructures, en particulier les ponts.

Ce guide intervient alors qu'une deuxième phase d'accompagnement des petites communes est lancée par le Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (Cerema), dans le cadre du programme national Ponts inclus dans le plan France Relance. Ces mesures, prises à la suite de sinistres, se traduisent aujourd'hui par une activité en relance pour les maîtres d'œuvre dans le domaine de la réparation des ponts, qui devrait se poursuivre en 2024. La prise de conscience collective de l'urgence de ces travaux ainsi que les nombreuses études en cours portent l'espoir d'une activité soutenue à venir pour les entreprises de réparation.

La nouveauté est que cela concerne des ponts de petite ou moyenne importance situés dans la France rurale, avec des maîtres d'ouvrage non spécialistes et souvent des entreprises de petite taille qui découvrent cette activité.

Nous avons toutefois la chance que ce secteur soit très bien structuré en France.

Tout d'abord par la présence d'un syndicat professionnel d'entrepreneurs, le STRRES (syndicat métier de la FNTP spécialiste de la réparation et du renforcement des structures), rédacteur de guides qui font autorité dans le métier. Par ailleurs, le colloque "Le Pont" qui réunit depuis 28 ans, les acteurs et les spécialistes du secteur du génie civil, dont le STRRES, aborde les thématiques de la maintenance des ouvrages d'art. Cette reconnaissance va au-delà de nos frontières puisque son ancien président, Christian Tridon, a été missionné pour réaliser le même travail au niveau européen.

Nous pouvons citer également l'AFGC (Association Française de Génie civil), qui rassemble maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, entreprises, écoles d'ingénieurs et acteurs de la filière béton et acier. Cette association est d'ailleurs présente à l'international.

Ce guide fait le point sur la grande diversité des travaux et des mesures de prévention qui ont été observées sur des chantiers réels et qui peuvent servir d'exemples.

En effet, ce travail se veut pragmatique : il est issu de la réalité du terrain, illustrée par de nombreux exemples. **Nous espérons qu'il sera utile aux maîtres d'ouvrage non spécialistes et aux petites entreprises qui découvrent cette activité.**

On peut insister sur la grande diversité des métiers susceptibles d'intervenir sur ce genre de travaux : terrassiers, spécialistes des travaux routiers, canalisateurs, étancheurs, charpentiers métal, menuisiers et charpentiers bois (pour les étalements, les cintres et les coffrages), peintres, maçons, spécialistes de la précontrainte et des matériaux innovants tels que les bétons fibrés haute performances.

Ce document a l'ambition de contribuer à une meilleure connaissance de travaux très divers et indispensables pour mieux cerner les risques et les prévenir efficacement.

Lionel Llobet
Président du STRRES

Paul Duphil
Secrétaire général de l'OPPBTB

AVANT-PROPOS

Les constats désormais fréquents de ruine d'ouvrages rappellent aux pouvoirs publics l'urgence de l'entretien des ponts. De nombreux diagnostics devraient aboutir à un grand nombre de chantiers répartis sur l'ensemble de la France.

L'OPPBTP propose ce guide d'entretien des ponts en sécurité dans le cadre de sa mission en partenariat avec le syndicat professionnel compétent pour ces travaux : le STRRES* rattaché à la FNTP. Ce document, d'un abord simple et abondamment illustré, est plus particulièrement destiné aux maîtres d'ouvrages non spécialistes et aux petites entreprises qui découvrent cette activité. Il permet de faire le lien entre la grande diversité des travaux que l'on peut rencontrer et les moyens de prévention couramment mis en œuvre pour éviter les risques professionnels les plus graves.

*Syndicat national des entrepreneurs spécialistes de travaux de réparation et de renforcement des structures.

REMERCIEMENTS

L'OPPBTB et plus particulièrement sa Direction technique à travers ses experts, tient à remercier l'ensemble des membres contributeurs de ce guide riches de leur expérience, documentations, commentaires et relectures.

■ **Pont transbordeur du Martrou à Rochefort-sur-Mer (Charente-Maritime - 17)**

- L'entreprise Baudin Châteauneuf

■ **Pont Saint-Esprit à Bayonne sur l'Adour (Pyrénées-Atlantiques – 64)**

- Le bureau d'études Getec

■ **Pont sur le Gers à Aurenque (Gers – 32)**

- Pierre Cadot (architecte)
- Entreprise SGPM
- Communauté de communes de Lomagne

■ **Pont sur la Loire à La Charité-sur-Loire (Loire-Atlantique – 44)**

- AFGC

■ **Pont Eiffel sur la Dordogne à Cubzac-les-Ponts (Gironde – 33)**

- Philippe Guignard, Département de la Gironde
- Jean-Luc Martin, SNCF
- Thomas Lavigne, architecte
- Damien Védrenne, directeur de travaux NGE
- Jean-Pierre Levillain, ingénieur consultant expert en maçonnerie

■ **Pont de Bourgogne sur la Saône à Chalon-sur-Saône (Saône-et-Loire – 71)**

- Cyril Bourgeois, Département Saône-et-Loire
- Jean-Michel Odin et Stéphane Laugrand, Arcadis
- Jean-Claude Paddox, Freyssinet

■ **Pont sur la Loire de Mauves-sur-Loire (Loire-Atlantique – 44)**

- Vincent Géraud, VSL

■ **Pont sur l'Yonne à Pont-sur-Yonne (Yonne – 89)**

- Didier Brazillier, AFGC
- Guilhem de Mauroy, Vinci Construction France TP Lyon

■ **Pont ferroviaire du Pirmil sur la Loire à Nantes (Loire-Atlantique – 44)**

- Entreprises Baudin Châteauneuf et Dumanois

■ **Pont sur l'autoroute A63 franchissant l'Adour à Bayonne (Pyrénées-Atlantiques – 64)**

- Christophe Lagarde, Vinci
- Hélène Demullier, Demathieu Bard

■ **Pont de Châtenay-Malabry franchissant la LGV Atlantique (Hauts-de-Seine – 92)**

- Jean-Patrick Jobbé Duval et Charlotte Defard, bureau d'étude SCE,
- L'entreprise Gagnereau

■ **Pont de Noirmoutier (Vendée – 85)**

- Conseil départemental de la Vendée, maîtrise d'ouvrage
- Entreprises Freyssinet, Charier Génie Civil, Ouest Accro et ATS
- M. Laude, AFGC

■ **Pont de Saint-Nazaire (Loire-Atlantique – 44)**

- Bouygues travaux publics

■ **Pont sur l'A7 VIPP de Chasse-sur-Rhône (Isère - 38)**

- Groupement Freyssinet et CBR,
- ASF, maître d'ouvrage
- Arcadis, maître d'oeuvre
- Freyssinet Rhône-Alpes

■ **Pont de Sèvres à Boulogne-Billancourt (Hauts-de-Seine – 92)**

- Samuel Gruand, David Gaugain, Christophe Janssen, entreprise Lassarat

■ **Pont de Tullins sur l'Isère (Isère – 38)**

- L'entreprise Eiffage
- Jacques Martin, AFGC

■ **Pont de Bagnols-sur-Cèze et le Pont Vieux du Mialet dit des Camisards (Gard - 30)**

- Lionel Llonet (Entreprise Cofex Méditerranée)

SOMMAIRE



1. ÉTAT DE L'ART	9
1.1. La maçonnerie	9
1.2. Le métal	9
1.3. Le béton	11

2. PONTS EN MAÇONNERIE	12
2.1. Travaux courants sur un pont en maçonnerie	13
2.2. Étanchéité	13
2.3. Structure	17
2.4. Parement en pierre	25
2.5. Équipements	27

3. PONTS MÉTALLIQUES	30
3.1. Les différents types de ponts	30
3.2. Travaux courants sur un pont métallique	33
3.3. Travaux sur le tablier et les pylônes	34
3.4. Travaux sur les haubans ou les câbles de suspension	41
3.5. Décapage et remise en peinture	45

4. PONTS EN BÉTON	49
4.1. Les différents types de ponts en béton	49
4.3. Réparation lourde : modification du tablier et des appuis	53
4.4. Augmentation de la capacité d'un pont autoroutier	58
4.5. Réparation de ponts soumis à l'ambiance marine	62
4.6. Renforcement d'un VIPP par précontrainte additionnelle	66
4.7. Renforcement d'un VIPP par textiles collés	69

5. ANALYSE DES RISQUES ET PRÉVENTION	73
5.1. Ponts en maçonnerie	73
5.2. Ponts métalliques	76
5.3. Ponts en béton	78

ANNEXES	81
----------------	-----------

1. ÉTAT DE L'ART

On estime qu'il y a plus de 200 000 ponts en France. Ces ouvrages d'art ont été construits au fur et à mesure du développement des voies de communication : routes, voies ferrées, autoroutes, lignes ferroviaires à grande vitesse et tramways.

1.1. La maçonnerie

Pendant très longtemps, la technique pour réaliser les ponts a été similaire à celle utilisée par les Romains et leurs prédécesseurs pour franchir les rivières : des ponts en maçonnerie avec des arches en plein cintre (en arc de cercle). Cette technique était également utilisée pour les aqueducs. Le célèbre pont du Gard est encore là pour en témoigner 2000 ans après sa construction.

Les ponts en maçonnerie ont été perfectionnés au cours du temps avec des arches présentant une flèche moins importante (arcs surbaissés) et des piles plus étroites offrant moins d'obstacle au cours de la rivière. Les fondations en rivière étaient réalisées par des pieux de bois dont la durabilité était garantie par leur immersion permanente. Le plus ancien pont de Paris (1606), le célèbre Pont-Neuf, est représentatif de cette évolution. Plus encore, le pont de la Concorde à Paris (1791), réalisé par Jean Rodolphe Peyronnet, premier directeur de l'École des Ponts et Chaussées, montre bien cette évolution marquée par la finesse des piles et les arcs surbaissés. La construction des ponts en maçonnerie a cessé en 1920 avec l'avènement du béton armé, moins onéreux.

Les fondations, points faibles des ponts en maçonnerie

Ces ponts résistent bien au temps, en particulier à l'augmentation des charges, pour peu qu'ils soient régulièrement entretenus. En revanche, leur point faible est souvent situé au niveau des fondations, en particulier en rivière alors que le niveau d'étiage baisse et peut laisser à l'air libre les pieux de bois, qui risquent alors de se dégrader et de perdre leur résistance.

1.2. Le métal

L'ère industrielle a changé la donne avec la production en quantité de fonte puis de fer puddlé et enfin d'acier. La construction des réseaux de chemin de fer au cours du XIX^e siècle a vu le développement spectaculaire des ponts métalliques en complément des ponts en maçonnerie. Grâce à sa légèreté et sa résistance, l'acier permet de supporter des charges élevées et de franchir des brèches



importantes. Dans les premiers temps, on a construit des ponts en fonte, puis à partir de 1850, le développement des ponts métalliques a été très important en France avec les progrès de la métallurgie et l'utilisation du fer puddlé (ce matériau, également utilisé pour la construction de la Tour Eiffel, se distingue des aciers par une faible teneur en carbone. Il est obtenu par brassage de la fonte en fusion suivi d'une phase de décarburation pour obtenir un fer à 0,01 % de carbone.). Les grands programmes de construction de lignes de chemin de fer de cette époque ont permis la construction de nombreux ponts métalliques. Le pont de Garabit construit par Gustave Eiffel est représentatif de cette époque. Ainsi, sur la ligne du train jaune de la Cerdagne se côtoyaient les anciens, avec le pont de Fontpédrouse en maçonnerie de Paul Séjourné, et les modernes avec le pont suspendu de Gisclard.

À partir de 1900, le fer puddlé est peu à peu supplanté par l'acier dont les résistances n'ont cessé de progresser jusqu'à nos jours pour aboutir aux aciers à haute limite élastique. Par ailleurs, la protection contre la corrosion était traditionnellement assurée par des peintures, qui contenaient jusqu'aux années 1990 du plomb et parfois même de l'amiante, ce qui pose des problèmes lors de la remise en peinture et de la maintenance. Aujourd'hui, il existe des peintures exemptes de plomb et des aciers auto-patinables, qui présentent une protection intrinsèque contre la corrosion.

Des ingénieurs français se sont particulièrement distingués dans ce type de construction, notamment Gustave Eiffel avec le viaduc du Garabit, Gisclard avec le célèbre pont du même nom sur la ligne de Cerdagne, mais également les frères Seguin pour les premiers ponts suspendus, suivis de Ferdinand Arnodin, inventeur des câbles à torons torsadés ainsi que des ponts transbordeurs. Et enfin, plus récemment, Michel Virlogeux pour les ponts modernes à haubans, en particulier le pont de Normandie et le viaduc de Millau, dont les pylônes et le tablier sont entièrement métalliques.

La corrosion, risque d'altération des ponts en métal

L'évocation de l'acier amène naturellement à penser à sa principale cause de ruine : la corrosion. Ainsi, l'accident de pont métallique le plus meurtrier survenu en France est celui du pont suspendu de la Basse-Chaine à Angers, le 16 avril 1850, où 220 soldats d'un bataillon ont péri. Son effondrement est attribué à la corrosion des câbles à leur ancrage.

La maintenance est donc primordiale pour les ponts métalliques. Elle doit être réalisée en prévenant le risque de chute, parfois sur des parties d'ouvrages situées à des hauteurs très importantes et dont les conditions d'accès sont difficiles. La présence de plomb dans les peintures complique ces travaux.

1.3. Le béton

La France est le pays d'invention du ciment puis du béton moderne* avec tout d'abord le béton armé, puis le béton précontraint et enfin plus récemment le béton fibré à ultra haute performances (BFUP). Les ponts en béton étaient déjà présents avant la guerre de 1914-1918 du fait de leur faible coût. Ils ont connu un essor considérable entre les deux guerres, marquant l'arrêt de la construction des ponts en maçonnerie désormais trop coûteux en comparaison de cette nouvelle technique. Après la guerre de 1939-1945, avec l'invention du béton précontraint, la construction en béton a contribué de façon très importante au développement rapide des ponts sur les voies de communication récentes (routes, autoroutes, lignes ferroviaires à grande vitesse). Dans ce domaine encore, les ingénieurs français se sont particulièrement distingués, notamment Joseph Monier, François Hennebique, Armand Considère, Jean Résal, Albert Caquot, Eugène Freyssinet et, après lui, toute l'école française du béton précontraint.

Les risques : éclatement du béton et corrosion de l'acier

Aujourd'hui, ces ponts posent des problèmes d'entretien et nécessitent des travaux. La corrosion des aciers provoque un gonflement qui fait éclater le béton armé, en particulier pour les ouvrages exposés à l'ambiance marine ou aux sels de déverglaçage.

Par ailleurs, pour le béton précontraint, les constructions étant plus hardies, les risques du défaut d'entretien peuvent entraîner des conséquences plus importantes. Ainsi, on peut voir apparaître une insuffisance de résistance du fait des pertes de précontrainte avec le temps (fluage du béton, relaxation des aciers) plus importantes que prévues. On peut également assister à la corrosion de câble, ou pire, à leur rupture mettant en péril la tenue de l'ouvrage.

Un plan de remise en état

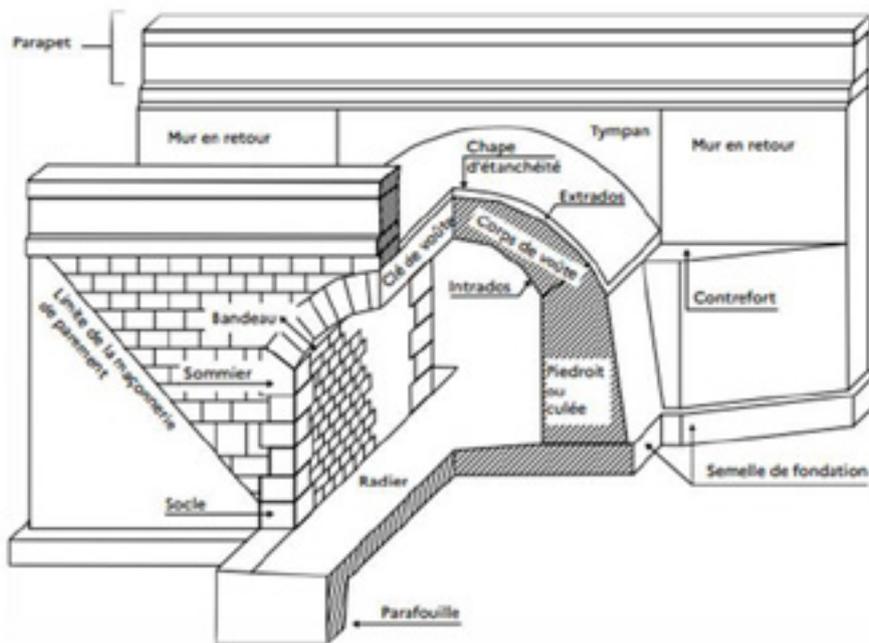
La plupart des ponts se trouvent sur les réseaux de communication les plus anciens, et leur entretien, sous la responsabilité de nombreux maîtres d'ouvrage mal informés, a parfois été négligé. Une aide à l'ingénierie pilotée par le Cerema est proposée aux collectivités depuis fin 2020, au travers du Programme national Ponts. Ce programme permet d'accompagner les communes les plus modestes, qui se voient remettre un « carnet de santé » pour chacun des ouvrages présents sur leur territoire. Le maître d'ouvrage doit, à partir du diagnostic de l'état de l'ouvrage transcrit dans son « carnet de santé », programmer les travaux d'entretien nécessaires à sa tenue dans le temps. Depuis 2023, un deuxième volet de ce programme permet de prolonger les diagnostics par des travaux.

*Les Grecs sont les premiers constructeurs à employer la chaux obtenue par cuisson du calcaire. Quant au béton romain il est obtenu en mélangeant de la chaux et des roches volcaniques (pouzzolanes). Une réaction très lente (réaction pouzzolanique) assure un durcissement continu du béton. Si bien que l'on constate encore aujourd'hui un très bon état de conservation de ces bétons. La première utilisation massive du béton romain sur un chantier a eu lieu lors de la construction du Colisée. Une autre remarquable est celle de la coupole du Panthéon de Rome.



2. PONTS EN MAÇONNERIE

Les ponts en maçonnerie franchissent les obstacles, par exemple les cours d'eau, à l'aide de voûtes. Les voûtes laissent apparaître en sous-face un intrados et en façade un bandeau et des tympans. Les pierres de la voûte situées dans le corps de voûte sont les douelles. L'extrados est caché dans le corps du tablier. Il reçoit une chape d'étanchéité recouverte d'un remblai. De part et d'autre se trouvent des parapets formant les garde-corps du tablier. Les voûtes s'appuient sur des piles en partie courante et des culées aux extrémités, également en maçonnerie. Les fondations sont très souvent constituées de semelles dont certaines appuyées sur des pieux de bois très anciens.



▲ Figure 1 - Les différentes parties d'un pont en maçonnerie.

2.1. Travaux courants sur un pont en maçonnerie

Réparer ou renforcer un pont en maçonnerie

→ Quand on examine un pont en maçonnerie, on remarque que le profil en long rectiligne est obtenu par la présence d'un remblai important qui rectifie le profil courbe des voûtes. Pour le retirer, il faut réaliser du terrassement en retirant auparavant la couche de roulement. Ces ouvrages sont très sensibles à l'eau et la réalisation d'une étanchéité et d'un drainage du remblai est la clef de leur tenue dans le temps.

→ D'autre part, les appuis, le plus souvent en rivière, nécessitent dans un grand nombre de cas un renforcement par des micropieux métalliques et une protection par des enrochements ou des batardeaux de palplanches garnis de béton. Les voûtes très endommagées peuvent être reconstruites sur cintre ou bien confortées par le changement de pierres. Des tirants d'ancrage et des croix de chaînage renforcent les tympans.

→ Des joints de chaussée encaissent les dilatations au niveau de la chaussée. Le travail à l'échafaudage est très fréquent, en particulier pour le ravalement du parement en pierre. Les travaux de canalisation concernent aussi le remblai du tablier. Enfin, les travaux sur les parapets et garde-corps doivent intégrer la prévention des chutes.

2.2. Étanchéité

Ces ponts se dégradent souvent sous l'effet de l'eau qui peut s'infiltrer dans la maçonnerie, dégarnir les joints et faciliter l'installation de végétation qui accentue la dégradation par l'action des racines. D'où la grande importance de l'étanchéité, du drainage et de l'évacuation des eaux.

2.2.1. Enlèvement du remblai

Pour traiter l'étanchéité du tablier des ponts en maçonnerie, on doit enlever la couche de roulement, le remblai entre les voûtes et enfin l'étanchéité défectueuse lorsqu'elle existe. **Cela nécessite l'utilisation d'un engin de terrassement ainsi que des camions pour évacuer les déblais.** On choisira des engins légers (mini-pelles) pour ne pas endommager les voûtes. Cette opération de mise à nu des voûtes permet de constater leur état et d'effectuer les éventuelles réparations complémentaires.



Travaux sur parapets et chaussées : risque de chute et amiante

La démolition des parapets expose le personnel au risque de chute et il convient d'installer des protections périphériques telles qu'un garde-corps provisoire ou un échafaudage. Par ailleurs, certaines couches de roulement en enrobé peuvent contenir de l'amiante. Il faut donc effectuer des prélèvements et un diagnostic préalable. En cas de présence d'amiante, des protections doivent être prévues pour le personnel et il faut définir un périmètre de protection autour du chantier. Les déchets doivent être acceptés au préalable dans une décharge classée.

Lire aussi sur preventionbtp.fr :

« [Amiante : risques, solutions, toutes les ressources](#) »



Voici les deux exemples observés pour ce type de travaux : les travées d'accès en maçonnerie du pont métallique de Cubzac-les-Ponts ainsi que le pont Saint-Esprit de Bayonne. En 1900, le pont Saint-Esprit de Bayonne a été doté d'élargissements en béton armé, de part et d'autre des travées en maçonnerie. Sur cet ouvrage, la réfection de l'étanchéité a concerné également les zones en béton armé.



▲ Figure 2 - Protection lors du rabotage des enrobés du fait de la présence d'amiante détectée lors du diagnostic (pont Saint-Esprit à Bayonne, maîtrise d'œuvre Getec Sud-Ouest).



▲ Figure 3 - Mise à nu des voûtes (pont de Cubzac-les-Ponts, NGE génie civil). Un échafaudage latéral pallie le démontage des parapets.

2.2.2. Réfection de l'étanchéité du tablier

On peut rencontrer tout type d'étanchéité. Par exemple sur le pont Saint-Esprit de Bayonne, on a utilisé des feuilles bitumées sous la chaussée ainsi que de la résine et de l'asphalte sous les trottoirs. Une bonne étanchéité conditionne la tenue du tablier du pont, car les dégradations s'effectuent souvent sous l'effet de l'eau et de la végétation. C'est valable pour la pierre, mais sûrement encore plus pour les extensions en béton armé sensibles à la corrosion. La réfection de l'étanchéité doit s'accompagner de la mise en place d'un drainage pour évacuer les eaux.



▲ Figure 4 - Étanchéité par feuilles bitumées (pont Saint-Esprit à Bayonne, maîtrise d'œuvre Getec Sud-Ouest).



▲ Figure 5 - Finition de l'étanchéité des trottoirs par asphalte coulé à chaud (pont Saint-Esprit à Bayonne, maîtrise d'œuvre Getec Sud-Ouest).



Travaux d'étanchéité : des équipements contre les risques de brûlures

L'asphalte est porté à 250 °C et le risque de brûlure et d'incendie nécessite des équipements et des protections individuelles adaptées : seaux en bois, vêtement et gants ignifugés, extincteurs.

Lire aussi sur preventionbtp.fr :

[« Les EPI des métiers de l'étanchéité »](#)

[« Prévention des risques professionnels sur les chantiers d'étanchéité »](#)



2.2.3. Protection de l'étanchéité, drainage, couche de roulement

L'étanchéité doit être protégée, par exemple par du béton maigre. Ensuite, lorsque l'étanchéité suit le profil des voûtes, il faut niveler par un remblai. Ce remblai doit être drainé pour éviter que l'eau d'infiltration y demeure. Enfin, on obtient le profil de la chaussée par ajout de grave ciment et d'enrobé ou d'un pavage.

Il est également possible de couler une dalle béton armé sur le remblai. Cela a été fait par exemple sur le pont de Cubzac-les-Ponts afin de pouvoir ancrer une passerelle latérale métallique pour cyclistes et piétons.



▲ Figure 6 - Mise en place d'un drain raccordé aux réseaux d'eaux pluviales pour évacuer les eaux du remblai. Une rambarde ou une signalisation serait nécessaire pour prévenir les chutes (pont Saint-Esprit à Bayonne, maîtrise d'œuvre Getec Sud-Ouest).

2.3. Structure

La structure du pont en maçonnerie commence par la fondation et se poursuit par les piles et les culées, puis par les voûtes.

2.3.1. Renforcement et protection des fondations

La plupart des désordres sur les ponts en maçonnerie franchissant les rivières proviennent des fondations. En effet, il peut se produire des affouillements au voisinage des piles par les effets du courant de nature à affaiblir les appuis des piles. D'autre part, avec le réchauffement climatique, on constate la baisse du niveau d'étiage des rivières avec pour effet très néfaste de mettre à sec des pieux de bois qui normalement devaient être toujours en zone immergée. Or, si des pieux de bois constamment immergés ne s'altèrent pas avec le temps, une alternance entre la mise au sec et l'immersion est catastrophique pour leur tenue.

Différentes techniques sont mises en œuvre pour pallier ce problème :

- la mise en place d'enrochements pour combler les affouillements ou bien pour constituer des digues en aval, afin de remonter le niveau d'étiage au voisinage des piles ;
- la constitution de massifs de protection complémentaire autour des fondations (par exemple par battage d'un batardeau en palplanches et coulage de béton) ;
- le transfert des charges sur un massif fondé sur des micropieux métalliques afin de soulager ou de ne plus solliciter les pieux de bois défectueux.



2.3.2. Enrochements

L'ajout d'enrochements permet de protéger les massifs de fondation dégarnis par le courant de la rivière et ainsi de les consolider. On peut également créer des digues en aval de la rivière pour remonter le niveau d'étiage afin de garder les pieux de bois sous l'eau et d'éviter leur dégradation. Après un relevé bathymétrique en amont et en aval du pont, le bureau d'études détermine la quantité d'enrochements à ajouter en amont et en aval pour combler les affouillements et protéger les fondations. Ce travail est généralement réalisé à l'aide d'une pelle embarquée sur une barge. Il est également possible de réaliser un batardeau de palplanches autour de la fondation et de le remplir d'enrochements assurant la protection de la fondation.



▲ Figure 7 - Pose d'enrochements à l'aide d'une pelle sur barge (pont Saint-Esprit à Bayonne, maîtrise d'œuvre Getec Sud-Ouest).



Travaux sur barge : une protection avec des garde-corps

La zone où se trouvent les treuils de manœuvre de la barge est protégée par des garde-corps empêchant la chute à l'eau partout où cela est possible.

2.3.3. Micropieux métalliques

Le forage de micropieux métalliques a été effectué sur le pont de Cubzac-les-Ponts pour renforcer une culée sur sol compressible. Un massif sur pieux en béton armé enserre la culée. Grâce à une conception astucieuse, il se met en charge en cas de tassement de la fondation d'origine de la culée. Dans certains cas (par exemple le pont de pierre à Bordeaux), le forage des pieux a été effectué depuis le tablier à travers les piles. La pile est alors enserrée par précontrainte par un massif en béton coulé à sa base afin de mettre en charge la nouvelle fondation. Les tubes métalliques peuvent servir à l'injection de coulis à la base de la fondation.



▲ Figure 8 - Forage de micropieux pour renforcer une culée (pont de Cubzac-les-Ponts, NGE Génie civil).



▲ Figure 9 - Forage de micropieux pour le viaduc SNCF de Bagnols-sur-Cèze (30). (Entreprise Cofex Méditerranée)



2.3.4. Reconstruction de voûtes endommagées

Dans le cas où les voûtes ont été fortement endommagées et lorsqu'elles présentent des fissures et des imperfections géométriques (par exemple par un tassement de la fondation), il faut les démolir et les reconstruire. Pour cela, on utilise un cintre, le plus souvent en bois, sur lequel on peut disposer les douelles de la voûte préalablement taillées suivant la géométrie souhaitée. **Les opérations comprennent donc la construction du cintre, sa mise en place sur un étaie-ment et le travail sur échafaudage pour reconstruire la voûte, les tympans et le parapet.**



Construction de cintres sur un cours d'eau : un mode opératoire innovant pour éviter la chute à l'eau

Lors de la construction de cintres au-dessus d'une rivière, il y a risque de chute à l'eau. Des modes opératoires innovants peuvent être mis en œuvre comme pour ce pont en Espagne. Ici, une poutre métallique treillis a été installée en prenant appui au-dessus des parties saines du pont, ce qui a permis de suspendre le cintre pour la reconstruction des voûtes endommagées au-dessus du cours de la rivière (similaire à la technique du cintre d'assemblage utilisée pour les ponts en béton).



◀ Figure 10 - Reconstitution du parement d'un tympan. Au premier plan, le cintre qui a permis de reconstruire la voûte (pont de Cubzac-les-Ponts, Les compagnons de Saint-Jacques).

2.3.5. Élargissement d'un pont en maçonnerie, passerelles piétons et cyclistes

Les ponts en maçonnerie sont tout à fait capables de reprendre les charges du trafic routier moderne. Cependant, leur gabarit n'est pas toujours adapté.

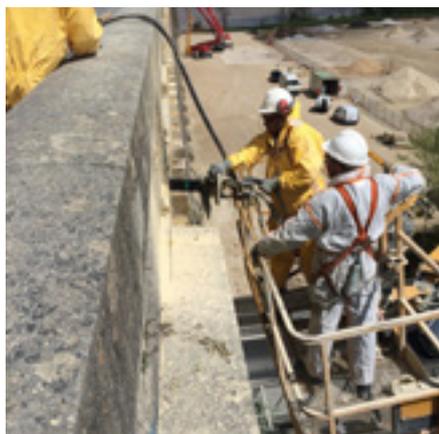
C'est pourquoi la solution de l'élargissement est souvent envisagée. Par exemple :

- élargissement des culées et poutres supplémentaires ;
- rajout de consoles ;
- arasement des parapets et ajout d'éléments de hourdis en béton préfabriqués sur le pont.

D'autre part, on profite souvent des travaux d'entretien pour ajouter une passerelle latérale (métallique) dédiée à la circulation des piétons et des cyclistes. Dans ce but, on coule une dalle béton sur le tablier du pont en maçonnerie sur laquelle on peut réaliser l'ancrage de la nouvelle structure à travers les parapets. L'ancrage nécessite le percement des parapets. Ces travaux peuvent être menés à l'aide d'une nacelle élévatrice (PEMP) et d'une tronçonneuse pneumatique (voir figure 12).



▲ Figure 11 - Coulage d'une dalle béton sur les voûtes. La dalle en béton armé permet d'ancrer une passerelle latérale métallique pour les piétons et cyclistes, tout en complétant l'étanchéité (pont de Cubzac-les-Ponts, NGE génie civil).



◀ Figure 12 - Réalisation de percements dans le parapet pour des ancrages. L'ancrage a nécessité la création de réservations dans la pierre à la base des parapets pour réaliser l'ancrage du support de passerelle dans la dalle précédemment coulée, voir figure 11 (pont de Cubzac-les-Ponts, NGE Génie civil).



2.3.6. Changement de pierres

Les pierres peuvent s'altérer sous l'effet de l'eau, du gel et de l'abrasion due à l'écoulement de l'eau. La végétation et les oiseaux peuvent également contribuer à cette dégradation. Les pierres à changer sont repérées puis retirées par affouillement et remplacées par des pierres neuves. La fixation se fait par du mortier à la chaux (pierres calcaires) et elle est parfois complétée par des goujons en inox.

Nous avons observé l'utilisation d'une chèvre de levage sur un platelage complet pour le changement de pierres (voir figure 13).



◀ Figure 13 - Affouillement de la maçonnerie pour changement de pierres défectueuses (pont de Cubzac-les-Ponts, Les compagnons de Saint-Jacques).



Levage de pierres : des engins de manutention pour faciliter le travail

La manutention des pierres, dont certaines peuvent peser plus de 100 kg, est un problème très important à traiter pour éviter lombalgies et accidents. Différents moyens sont utilisés sur les chantiers, notamment des engins de manutention divers : chariot élévateur, appareil à chenille avec benne et bras auxiliaire, monorail, palan. Autre difficulté : les pierres sont normalement dépourvues de point de fixation pour le levage. Les louves (pinces auto-serrantes) permettent de saisir les pierres neuves à la géométrie régulière. Pour les pierres anciennes à déposer, on préférera le scellement chimique d'anneaux de levage.

Lire aussi sur preventionbtp.fr :

« Tailleur de pierre - Les gestes à adopter et faire adopter pour un travail en toute sécurité »





▲ Figure 14 - Engin de manutention des pierres avec bras auxiliaire et louve (pont sur le Gers à Aurenque, SGRP Maçonnerie Pierre de taille à Lectoure).

2.3.7. Tirants d'ancrage et de croix de chaînage

Lorsque l'on redoute que les maçonneries de part et d'autre du pont ne s'écartent (en particulier les tympans et les murs en retour au niveau des culées), on place généralement des tirants d'ancrage traversant le tablier et des croix de chaînage afin de s'opposer à ce déplacement.

Il faut un échafaudage adapté pour réaliser le forage, installer la barre traversante et ensuite les croix d'ancrage.



▲ Figure 15 - Rejointoiement complet du pont vieux de Mialet dit des Camisards sur le Gardon (30). On voit également à gauche les croix d'ancrage et les tirants (entreprise Cofex Méditerranée).



▲ Figure 16 - Le tirant et les croix d'ancrage ont été installés au niveau de la culée côté Aurenque (pont sur le Gers à Aurenque, SGRP Maçonnerie Pierre de taille à Lectoure).

2.3.8. Joint de chaussée

Le joint de chaussée assure la liaison entre le pont et la suite de la route. Quand on refait la chaussée, il est recommandé de le changer ou d'en ajouter un quand il fait défaut. Cela permet notamment d'encaisser les dilatations différentielles sans dommage.

L'installation de joint de chaussée nécessite la présence d'une réservation permettant l'installation de règles métalliques solidaires des structures entre lesquelles doit s'établir le joint de dilatation. La réservation peut avoir été prévue lors du coulage des structures nouvelles ou bien dégagée au marteau-piqueur ou au brise-roche sur mini-pelle. On procède ensuite au scellement par coulage de béton.



◀ Figure 17 - Changement du joint de chaussée (pont Saint-Esprit à Bayonne, maîtrise d'œuvre Getec Sud-Ouest).

2.4. Parement en pierre

Sur les parements en pierre, les joints doivent être correctement garnis afin d'assurer l'étanchéité et la tenue du parement. Il convient tout d'abord d'éliminer la végétation qui a pu pousser dans les joints, de les dégarnir (soit manuellement, soit par sablage) et ensuite de les regarnir avec un mortier compatible avec la nature de la pierre. C'est également l'occasion de changer les pierres trop endommagées.

2.4.1. Ravalement de la pierre

Le parement des pierres peut être ravalé par sablage ou bien, lorsque celui-ci est proscrit, manuellement, à l'aide de bouchardes et de chemins de fer.



Sablage : équipez-vous de protections respiratoires isolantes

Le sablage à sec avec des abrasifs contenant plus 5 % de silice libre est interdit. Les sacs de sable doivent porter la mention « contient moins de 5 % de silice libre ». Les opérateurs effectuant du sablage, de préférence à l'humide, seront équipés d'une protection respiratoire isolante, du type heaume à adduction d'air neuf, de qualité respirable, c'est-à-dire débrassée par filtration spéciale des huiles minérales émises par les compresseurs.

Lire aussi sur preventionbtp.fr :

[« Les risques dus à l'exposition prolongée aux poussières de silice cristalline sur les chantiers et dans les ateliers »](#)



Parfois, le sablage est proscrit pour ne pas abimer la pierre ou éviter une pollution des rivières. Il faut donc dégager les joints manuellement et ravalé les pierres avec des outils tels que les « bouchardes » ou « les chemins de fer ».

2.4.2. Travail en hauteur - Échafaudages

La nature des travaux à effectuer (changement de pierres, rejointoiement, ravalement), leur localisation (sur les parapets, sur les piles, en sous-face, etc.) et enfin la protection de l'environnement, en particulier de l'eau de la rivière, conditionnent la conception de l'échafaudage.

Par exemple, lors de la rénovation du pont classé du XI^e siècle situé sur le Gers à Aurenque, le sablage était proscrit pour préserver l'eau de la rivière, habitat des rares écrevisses à pied blanc. L'intrados du pont n'a pas été traité pour préserver l'habitat de chiroptères.

Un échafaudage en U renversé a été disposé sur le tablier pour dégager les joints, les regarnir, et changer certaines pierres. Des bâches ont été installées pour empêcher la chute de matériaux issus du dégarnissage des joints (voir figure 18).



▲ Figure 18 - Échafaudage pour le changement de pierres et le ravalement (pont sur le Gers à Aurenque, SGRP maçonnerie pierre de taille à Lectoure).

La rénovation du pont de La Charité-sur-Loire représentait un chantier important. Sur ce pont un échafaudage latéral prenant appui sur les piles et le tablier a permis le ravalement des tympans et des bandeaux ainsi que des piles. L'échafaudage intégrait également une passerelle pour les piétons.



▲ Figure 19 - Un échafaudage permettant le ravalement et le changement de pierres (pont de La Charité-sur-Loire, entreprises Maïa Sonnier et Deluermoz).



◀ Figure 20 - Vue d'un échafaudage suspendu en sous-face (pont de Noirmoutier, entreprise ATS)



Travail en sous-face de pont : pensez aux échafaudages suspendus

Afin de supprimer le risque de chute, le travail en sous-face du pont peut être réalisé à l'aide d'échafaudages multidirectionnels suspendus sous le tablier, prenant appui sur les trottoirs latéraux ou même parfois à l'aide de nacelles négatives (solution adoptée généralement pour les inspections).

Lire aussi sur preventionbtp.fr :

« [Je choisis une plate-forme élévatrice mobile de personnes adaptée à mon chantier](#) »



2.5. Équipements

Un pont est généralement mis à contribution pour le passage de réseaux divers. Il comprend également des équipements aux fonctions diverses : barrières ou parapets empêchant les chutes à l'eau, lampadaires pour l'éclairage, rails et caténaires pour le passage des tramways, etc.

2.5.1. Ajout ou rénovation des réseaux

La dépose du remblai d'un pont en maçonnerie offre l'opportunité d'incorporer un caniveau pour de nouveaux réseaux comme la fibre optique. Cependant, tous les réseaux peuvent être concernés : eau potable, assainissement, eaux pluviales, gaz, électricité, etc.



Terrassement : attention aux réseaux enterrés ou aériens

Il faut être très vigilant vis-à-vis du risque de contact avec les réseaux électriques sous tension, enterrés ou aériens, qui peut conduire à des électrocutions. De même avec les réseaux gaz enterrés qui peuvent provoquer incendies ou explosions. La procédure DICT / DT doit être appliquée.

Lire aussi sur preventionbtp.fr :

« [Qu'est-ce qu'une DICT / DT \(Travaux à proximité des réseaux\) ?](#) »



▲ Figure 21 - Des caniveaux destinés au passage de nouveaux réseaux sont installés dans le remblai (pont Saint-Esprit à Bayonne, maîtrise d'œuvre Getec Sud-Ouest).

2.5.2. Changement des rambardes ou des parapets

Les rambardes ou les parapets peuvent avoir été endommagés par les chocs, le gel ou la corrosion. Ils peuvent être métalliques, en pierre ou en béton armé. Les travaux sont une bonne occasion pour les changer ou les réparer, comme cela a été le cas pour le pont Saint-Esprit à Bayonne, où les rambardes anciennes en béton ont été déposées et remplacées par des rambardes neuves préfabriquées en usine.



▲ Figure 22 - Changement de rambardes en béton. Un système astucieux de garde-corps provisoire protège contre les chutes à l'eau (pont Saint-Esprit à Bayonne, maîtrise d'œuvre Getec Sud-Ouest).



3. PONTS MÉTALLIQUES

Il existe plusieurs types de ponts métalliques. La conception ancienne en acier puddlé conduisait à des structures treillis assemblées par rivetage. La conception plus récente avec des aciers soudables conduit à des profilés reconstitués soudés (PRS) ou des caissons sur des structures mixtes. Les ponts à câbles les plus anciens étaient généralement suspendus. Les ponts à haubans, après avoir été abandonnés pendant une longue période, ont connu un nouvel essor, fruit de la maîtrise de leur conception par le calcul informatique.

3.1. Les différents types de ponts

3.1.1. Les ponts à charpente treillis

L'utilisation des aciers en fer puddlé pour la construction des ponts s'est généralisée à partir de 1850 (construction du pont Britannia au Pays de Galles). Ce matériau n'étant pas soudable, les assemblages sont réalisés à l'aide de rivets posés à chaud. Tous ces aspects techniques conduisent à l'assemblage de barres (souvent constituées de cornières) pour construire des structures en treillis.



▲ Figure 23 - Exemple très courant de pont à structure treillis, le pont de Mauves-sur-Loire (entreprise Bouygues TP Régions France. Photo ©Willy Berré).

3.1.2. Les ponts suspendus et les ponts à haubans

Les ponts suspendus sont généralement caractérisés par une structure principale à double câble porteur. Les ponts type « Gisclard » combinent des câbles porteurs et des haubans. Les ponts suspendus détiennent toujours le record du monde de la portée entre deux appuis. Ils nécessitent la réalisation, au niveau des culées très coûteux, de massifs d'ancrage du câble porteur. La protection contre la corrosion du câble porteur est un élément clef de la tenue de tels ponts. Le changement du câble porteur est une opération délicate et coûteuse.



◀ Figure 24 - Un pont suspendu très connu, en construction (1960-1967) - le pont d'Aquitaine à Bordeaux. On remarque la culée d'ancrage, le câble porteur ainsi que les portions de tablier en cours de construction.

En comparaison avec les ponts suspendus, la conception des ponts à haubans permet de faire l'économie des massifs d'ancrage sur les culées. D'autre part, chaque hauban peut être changé indépendamment des autres, ce qui simplifie considérablement l'entretien.



▲ Figure 25 - Le pont à haubans de Chalon-sur-Saône, en travaux. L'ancrage bas des haubans est réparti régulièrement sur le tablier (entreprise Freyssinet).



3.1.3. Les ponts mixtes acier-béton à profilés reconstitués soudés et à caisson

Pour franchir des brèches de portée moyenne, on choisit généralement des ponts constitués d'une charpente métallique, souvent mise en place par poussage, assortie d'un hourdis béton qui sert de table de compression. La charpente peut être constituée d'un bi- ou multi-poutres en profilés reconstitués soudés (PRS) ou bien d'un caisson métallique. Certains ponts sont équipés de passerelles à demeure permettant l'inspection et la remise en peinture.

Les profilés reconstitués soudés ou en caisson sont constitués de membrures et d'âmes d'épaisseurs variables en fonction des besoins. En effet, ils sont fabriqués en atelier à partir de tôles de forte épaisseur soudées entre elles. Les âmes de grande dimension doivent comprendre des raidisseurs. Des connecteurs permettent le raccordement entre la semelle supérieure et le hourdis béton. L'écartement entre les PRS est maintenu à l'aide d'entretoises ou de pièces de pont. La membrure supérieure est constituée par un hourdis béton.



▲ Figure 26 - À Pont-sur-Yonne, les tronçons de charpente en PRS sont en cours d'assemblage par soudure (on peut voir les tentes de soudage). On complète ensuite la charpente par un hourdis béton (entreprises Vinci Construction France TP Lyon et Berthold).

3.1.4. Les tabliers entièrement métalliques : les dalles orthotropes

Le souci de légèreté du tablier peut conduire à remplacer le hourdis béton par une dalle orthotrope. Dans ce cas, la couche de roulement de la chaussée est supportée par une tôle épaisse raidie par des augets. Les augets prennent appui sur les pièces de pont ou les entretoises. Des phénomènes de fatigue constatés sur les augets nécessitent parfois des réparations. Sur le pont d'Illzach, on a renforcé la dalle orthotrope par un hourdis constitué de dalles BFUP (entreprise Eiffage).



▲ Figure 27 - Le pont de la Palombe à Bordeaux est constitué d'un caisson mince avec une dalle orthotrope. On voit bien ici les augets de raidissement de la tôle qui va supporter le trafic routier (entreprise Bouygues).

3.2. Travaux courants sur un pont métallique

i Réparer, renforcer ou entretenir un pont métallique

→ Les ponts métalliques correspondent à l'arrivée de la modernité et de l'audace dans le domaine des ponts : portées plus grandes et réalisation de pylônes parfois très hauts. C'est également le début d'une alliance avec un nouveau matériau, le béton, le plus souvent au niveau des appuis et sur le hourdis. Ce qui n'exclut pas, pour les hourdis, les anciennes techniques comme les voûtains en maçonnerie prenant appui sur les pièces de pont. Ces hourdis doivent être démolis pour être remplacés quand c'est nécessaire.

→ Lors des travaux d'entretien, il faut accéder à des pylônes très hauts. Les travaux sur les haubans ou les câbles de suspension font également appel à des travaux en grande hauteur. Enfin, la sensibilité de l'acier à la corrosion nécessite une protection réalisée traditionnellement par peinture. Autrefois, ces peintures contenaient du plomb et parfois même de l'amiante. Ce qui complique aujourd'hui les travaux d'entretien, notamment quand il s'agit de décapage et de remise en peinture.



3.3. Travaux sur le tablier et les pylônes

À partir du diagnostic effectué, le maître d'ouvrage pourra programmer les travaux de réparation les plus urgents. Pour les ponts métalliques, ils peuvent concerner la charpente du tablier, le hourdis et également les pylônes pour les ponts à câbles.

3.3.1. Remplacement ou réparation de la charpente du tablier

On peut décider de changer le tablier d'un pont métallique en gardant les appuis (piles et culées). Cela suppose de démolir l'ancien tablier (charpente métallique et hourdis), puis d'en reconstruire un à la place.



Risque de renversement des grues : un mode opératoire ingénieux

Sur le chantier de Pont-sur-Yonne, un mode opératoire ingénieux a été mis en œuvre. En effet, la charpente neuve a été assemblée sur l'ancien tablier à démolir. Les poutres métalliques ont été déposées à l'aide de remorques équipées de vérins, évitant ainsi l'utilisation de grues et supprimant le risque principal de renversement. Elles sont ensuite assemblées par soudage. La charpente neuve a servi de pont roulant pour la démolition de l'ancien tablier. (entreprises Vinci Construction France TP Lyon et Berthold).



◀ Figure 28 - Sur le chantier de Pont-sur-Yonne, la charpente neuve a été assemblée par soudure sur l'ancien tablier. On peut voir les tentes de soudeurs à la jonction des poutres (entreprises Vinci Construction France TP Lyon et Berthold).

Il est important de mentionner l'évolution des techniques d'assemblage des pièces métalliques entre elles. Sur les ponts les plus récents en acier (charpente PRS par exemple), l'assemblage se fait par soudage. Généralement, cette opération s'effectue à l'abri des intempéries, à l'intérieur de tentes de soudeurs. La plupart du temps, avant le soudage, les pièces à souder sont chauffées à l'aide de rampes à gaz et, entre deux passes de soudure, il faut meuler.

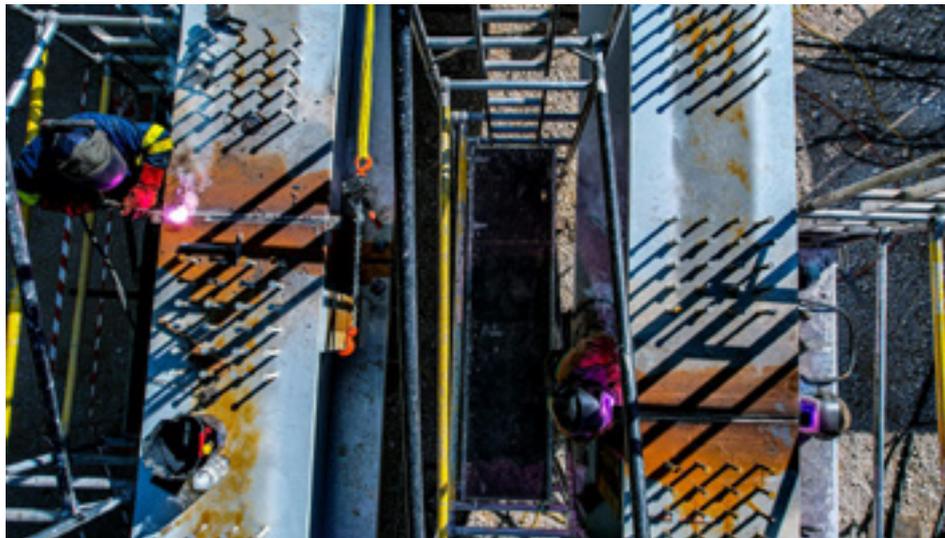


Comment se protéger lors du soudage et de l'oxycoupage

Les principaux risques de la soudure sont la brûlure, les lésions oculaires, les vapeurs dégagées par le métal en fusion et l'enrobage des baguettes de soudure. Cela justifie le port d'une combinaison, de gants et d'un tablier de cuir, ainsi que le port d'un heaume avec vitre de protection oculaire et ventilation assistée avec cartouche filtrante pour la protection respiratoire. Une protection similaire est nécessaire pour l'oxycoupage, avec dans ce cas, une grande vigilance sur le risque occasionné par les vapeurs de plomb.

Lire aussi sur preventionbtp.fr :

« [Le soudage à l'arc](#) »



▲ Figure 29 - Sur cette photo, des soudeurs au travail sur un échafaudage, munis de leurs protections individuelles.

Sur les chantiers de rénovation de charpentes en fer puddlé, on pratique encore l'assemblage par rivets posés à chaud comme cela était pratiqué à l'époque de leur construction.

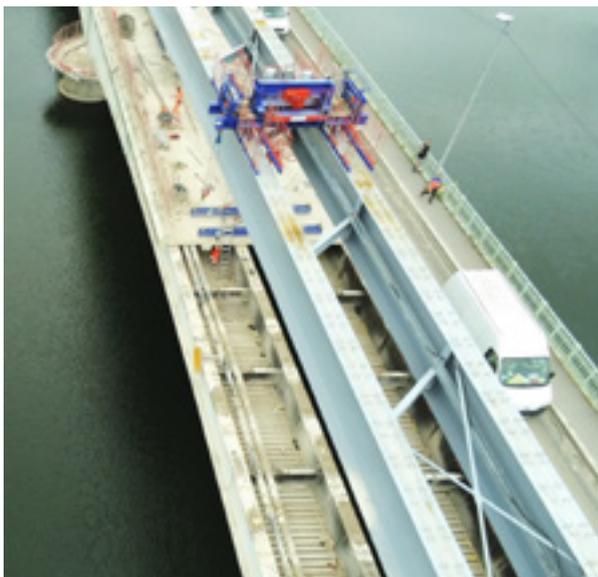
Par exemple, sur le chantier du pont ferroviaire de Pirmil à Nantes, le renforcement de la structure a nécessité la mise en place de rivets à chaud. Ceux-ci sont chauffés dans un four à proximité du lieu de pose.



◀ Figure 30 - Pose de rivets à chaud. On remarque les gants et vêtements de cuir et la protection oculaire (pont ferroviaire de Pirmil à Nantes, entreprises Dumanois et Baudin Châteauneuf).

3.3.2. Démolition du hourdis

Sur le chantier de Pont-sur-Yonne, le hourdis en béton de l'ancien tablier a été scié. Les morceaux sont évacués par un pont roulant s'appuyant sur la charpente neuve. Un platelage complet installé sur un échafaudage en sous-face du tablier a permis de prévenir les chutes.



◀ Figure 31 - Le hourdis en béton de l'ancien tablier est scié et évacué par un pont roulant s'appuyant sur la charpente neuve (chantier de Pont-sur-Yonne, entreprises Vinci Construction France et TP Lyon et Berthold).

Sur les ponts anciens à structure treillis, le hourdis est souvent constitué de voûtaines en maçonnerie de briques recouverts d'un remblai. La dépose de ce hourdis présente de nombreux avantages, en particulier l'allègement considérable de la structure et la mise à nu des pièces de pont, permettant un décapage et une remise en peinture de qualité. Il est ensuite remplacé par des dalles en BFUP ou en béton armé ou précontraint qui sont beaucoup plus légères.

Sur le chantier du pont de Mauves-sur-Loire, la première étape a consisté à démolir les voûtaines en maçonnerie du tablier. Un échafaudage complet en sous-face de l'ouvrage a servi de platelage contre les chutes. Il a ensuite été complété pour constituer le support d'un confinement permettant le décapage et la remise en peinture.



▲ Figure 32 - Sur le chantier du pont de Mauves-sur-Loire, une équipe est en train de retirer les voûtaines en maçonnerie du tablier protégé par un platelage complet (entreprise Bouygues TP Régions France. Photo ©Willy Berré).

3.3.3. Démolition de la charpente du tablier

Sur le chantier de Pont-sur-Yonne, la charpente ancienne a été découpée. Deux ponts roulants prenant appui sur la charpente neuve précédemment construite (voir figure 28) ont permis de déposer les tronçons au niveau de la culée sur un quai provisoire. La découpe a été terminée sur ce quai, depuis lequel les éléments ont été expédiés par camions vers une installation de traitement et recyclage.



▲ Figure 33 - Les tronçons de charpente arrivent sur un quai provisoire. Chantier de Pont-sur-Yonne (entreprises Vinci Construction France TP Lyon et Berthold).

Sur le chantier du pont transbordeur du Martrou à Rochefort, un chariot roulant sur les câbles de suspension a permis d'évacuer le tablier par tronçons en les déposant sur des barges.



Travaux d'oxycoupage : possibilité d'un retrait localisé du plomb

Sur ces chantiers, les peintures peuvent contenir du plomb et des analyses permettent de le mettre en évidence. Dans ce cas, avant la découpe, une entreprise spécialisée doit retirer la peinture au plomb à l'emplacement de l'oxycoupage grâce à un gel décapant.

Lire aussi sur preventionbtp.fr :

« [Les risques d'intoxication au plomb](#) »





▲ Figure 34 - Chargement d'un tronçon de tablier sur une barge (pont transbordeur du Martrou à Rochefort, entreprise Baudin Châteauneuf).

3.3.4. Reconstruction du hourdis

Les ponts mixtes acier / béton sont constitués d'une charpente métallique associée à un hourdis béton. Le hourdis peut être coulé en place à l'aide d'un coffrage spécial appelé équipage mobile (voir sur le site Prévention BTP : « Prévention des risques pour équipages mobiles de hourdis sur tabliers mixtes bipoutres ») ou bien préfabriqué par éléments et posé à l'aide d'un appareil de levage. Sur le chantier de Pont-sur-Yonne, une fois la charpente neuve abaissée sur les appuis, le hourdis neuf est posé à l'avancement par éléments préfabriqués à l'aide d'une grue mobile.



◀ Figure 35 - Une fois la charpente neuve installée, le hourdis neuf est posé par éléments préfabriqués en usine à l'aide d'une grue mobile (chantier de Pont-sur-Yonne, entreprise Vinci Construction France TP Lyon).



Sur le chantier du pont de Mauves-sur-Loire, la pose de dalles préfabriquées en BFUP a permis un allègement considérable de la structure par rapport aux voûtes en maçonnerie qui existaient auparavant. Ce gain de poids permet d'ajouter de part et d'autre des passerelles métalliques pour la circulation des cyclistes et des piétons. La pose des dalles BFUP est faite alors que le décapage et la remise en peinture sont terminées. On a maintenu en place le platelage de l'échafaudage pour prévenir les chutes.



▲ Figure 36 - Des dalles préfabriquées en BFUP sont posées sur l'ouvrage pour reconstituer le hourdis du tablier (chantier du pont de Mauves-sur-Loire, entreprise Bouygues TP Régions France).

3.3.5. Travaux sur les pylônes métalliques

Les pylônes métalliques sont souvent présents sur les ponts du XIX^e siècle. Il s'agit principalement de structures treillis en acier puddlé, comme on a pu le voir pour les tabliers des ponts de cette époque. La tour Eiffel en est un exemple très connu.

Sur le chantier du pont transbordeur du Martrou à Rochefort, un échafaudage a été construit contre les pylônes. Il permet l'accès et sert également de support à un ascenseur. Des plateformes ont été placées en tête des pylônes à l'aide d'une grue mobile de 350 tonnes. Une passerelle de type « pont de singe » permet de passer d'un pylône à l'autre.

Certaines membrures ont dû être changées sur les pylônes. Avant découpage des membrures à changer ou du tablier, une entreprise spécialisée a retiré la peinture au plomb à l'emplacement de la découpe, grâce à un gel décapant.



▲ Figure 37 - Des échafaudages contre les pylônes ainsi que des passerelles de tête reliées entre elles par un pont de singe franchissant la Charente (pont transbordeur du Martrou à Rochefort, entreprise Baudin Châteauneuf).

3.4. Travaux sur les haubans ou les câbles de suspension

Lors de l'entretien des haubans des ponts, une des difficultés réside dans l'accès aux ancrages des haubans, généralement en tête des pylônes et sous le tablier. Cet accès est nécessaire pour le diagnostic des haubans mais également lors de leur changement ou de leur entretien.

3.4.1. Accès aux ancrages bas



Accéder en sécurité aux ancrages bas des haubans

Sur le chantier du pont de Bourgogne à Chalon-sur-Saône, plusieurs moyens ont été utilisés pour accéder aux ancrages bas des haubans :

- un échafaudage installé en bordure de tablier ;
- une passerelle suspendue permettant de visiter plusieurs ancrages ;
- et enfin sur la berge, là où cela est possible, une nacelle automotrice, plateforme élévatrice mobile de personne (PEMP).

À noter que l'utilisation d'une nacelle négative était empêchée par les haubans.



▲ Figure 38 - Une passerelle fixée sous le tablier donne l'accès à plusieurs ancrages bas sous le tablier (pont de Bourgogne à Chalon-sur-Saône, entreprise Freyssinet).

3.4.2. Diagnostic des haubans

Sur le chantier du pont de Bourgogne à Chalon-sur-Saône, on a réalisé un diagnostic des haubans, qui consiste à identifier la présence de fils ou de torons cassés ainsi que la présence de corrosion. Dans ce but, les capots des haubans ont été retirés pour permettre d'accéder à leur extrémité. Un procédé permet de tester la continuité des fils et torons dès que l'on a accès à leur extrémité (procédé UScan® de Sixence). La gaine de protection peut être endommagée sans conséquence, car les torons sont galvanisés. La décision a été prise d'ajouter une gaine soudée en PEHD pour protéger les haubans des effets corrosifs de l'eau.



◀ Figure 39 - L'accès aux extrémités des torons constitutifs des haubans permet de tester leur continuité (pont de Bourgogne à Chalon-sur-Saône et procédé UScan® de Sixence).

3.4.3. Accès en tête des pylônes



Accéder en sécurité aux attaches de haubans en tête de pylônes

Sur le chantier du pont de Bourgogne, à Chalon-sur-Saône, un échafaudage complet a permis d'accéder aux attaches de haubans en tête de pylônes. Installé en permanence pour chacun des pylônes tout au long du chantier, il permet de s'adapter aux interventions possibles suivant les passes navigables définies sur la rivière et le demi-tablier laissé à la circulation. Il apporte de la souplesse dans l'organisation des travaux, toujours en sécurité.



▲ Figure 40 - Un échafaudage donne accès aux attaches de haubans en tête de pylônes (pont de Bourgogne à Chalon-sur-Saône, entreprise Freyssinet).

3.4.4. Gainage des haubans

On peut décider d'ajouter ou de changer le gainage des haubans pour augmenter la protection des haubans contre la corrosion et donc leur durée de vie.

C'est le choix qui a été fait sur le chantier du pont de Bourgogne à Chalon-sur-Saône. Les gaines en PEHD fabriquées par demi-coquilles à la longueur requise ont été soudées au sol (soudure dite « au miroir »), assemblées depuis un échafaudage puis enfilées par traction jusqu'à la tête de pylône où elles sont ancrées. (entreprise Freyssinet).



◀ Figure 41 - Assemblage des demi-coquilles de gaines PEHD depuis un échafaudage (pont de Bourgogne à Chalon-sur-Saône, entreprise Freysinnet).

3.4.5. Travaux sur les câbles de suspension

Les câbles de suspension sont les câbles utilisés sur les ponts suspendus, type pont d'Aquitaine (figure 24), ou pont transbordeur du Martrou (figure 34). En particulier :

- le câble principal porteur qui traverse tout l'ouvrage ;
- les suspentes qui servent d'appuis au tablier.

Pour ces derniers câbles, on peut installer, sur certains ouvrages, un échafaudage sur chaque suspente (exemple sur le viaduc des Rochers Noirs, entreprise Baudin Châteauneuf).

Sur le chantier du pont transbordeur du Martrou à Rochefort, la dépose du tablier a modifié complètement l'équilibre de la structure pendant le chantier, ce qui a conduit au rajout de câbles provisoires. Leur tension est contrôlée avec précision par des vérins hydrauliques.



Passer d'un pylône à l'autre en sécurité

Sur les ponts suspendus, des passerelles provisoires souples sur câbles ou « ponts de singe » permettent de traverser pour passer d'un pylône à l'autre et d'accéder aux postes de travail au-dessus du fleuve (voir figure 37).



▲ Figure 42 - Passerelles type pont de singe permettant de traverser la Charente pour passer d'un pylône à l'autre (pont transbordeur du Martrou à Rochefort, entreprise Baudin Châteauneuf).

3.5. Décapage et remise en peinture

3.5.1. Enceinte de confinement



Décapage des peintures : comment éviter la dispersion des polluants

Lors du décapage de peintures contenant du plomb et parfois de l'amiante, il convient de construire autour de l'ouvrage une enceinte de confinement pour éviter la dispersion des polluants dans l'environnement.

Lire aussi sur preventionbtp.fr :

« [Les risques d'intoxication au plomb](#) »



Cette enceinte est généralement construite autour d'un échafaudage multidirectionnel enserrant toute la structure sur lequel on a fixé une bâche étanche thermo-rétractable. Cette technique peut être utilisée pour tout type de charpentes : poteaux et pylônes, poutres treillis et ponts mixtes à PRS ou caissons.



▲ Figure 43 - Un échafaudage revêtu d'une bâche rétractable a permis de réaliser le confinement nécessaire au décapage de la peinture au plomb sur les PRS (pont de Sèvres à Boulogne-Billancourt, entreprise Lassarat).

3.5.2. Mise en dépression de l'enceinte confinée

Le débit des unités déprimogènes est calculé pour produire une dépression constante garante d'une efficacité du confinement. Les entrées d'air (sous forme d'ouvertures munies de clapets) sont également calibrées pour assurer cette dépression. Les fuites accidentelles de l'enceinte confinée sont contrôlées lors d'un essai de fumée et doivent être limitées au minimum.



◀ Figure 44 - Les unités déprimogènes permettent de maintenir la zone de travail confinée en dépression afin d'éviter la pollution de l'environnement par le plomb (pont de Sèvres, entreprise Lassarat).

3.5.3. Sas d'entrée et de sortie de la zone confinée



Décapage des peintures : 5 sas pour les opérateurs

L'entrée et la sortie de la zone confinée se font par des sas. À la lecture de la réglementation, on pourrait se contenter de 3 sas. La pratique des entreprises spécialisées est de disposer de 5 sas afin de mieux limiter le risque de plombémie.

Ces sas sont disposés de la façon suivante dans le sens de sortie de la zone polluée :

- un sas de dépoussiérage ;
- une douche de décontamination ;
- un sas de déshabillage des vêtements de travail ;
- une douche d'hygiène corporelle ;
- un sas propre d'habillage en habits de ville.



◀ Figure 45 - Un vestiaire propre attenant à la douche d'hygiène permet d'entrer ou de sortir de la zone confinée (pont de Sèvres, entreprise Lassarat).

3.5.4. Protection individuelle

Il y a deux types de protection individuelle : pour le décapage par grenailage et pour les travaux de peinture.

Équipement individuel pour les travaux de grenailage :

- sous-vêtements et combinaison jetables ;
- un masque respiratoire facial Optifiltre à adduction d'air comprenant une cartouche utilisée pendant la douche de décontamination ;
- combinaison et masque respiratoire sont scotchés pour assurer une bonne étanchéité ;
- combinaison de sablage en cuir résistant à l'abrasion ;
- heaume à adduction d'air équipé d'un plastron en cuir.



Équipement individuel pour les travaux de peinture :

- combinaison complète en papier jetable ;
- gants de protection ;
- masque respiratoire complet « type groin » muni de deux cartouches A2 (solvants organiques).

Du fait de la pénibilité du port de ces protections, la durée de travail en continu est limitée réglementairement.



◀ Figure 46 - Protection individuelle pour le grenailage de peintures plombifères. Au sol, le heaume utilisé lors du grenailage (pont de Sèvres, entreprise Lassarat).

3.5.5. Traitement des déchets

Pour ce type de chantier, les déchets sont les suivants :

- ceux issus du recyclage de la grenaille utilisée ;
- ceux provenant des combinaisons jetables, des gants et, en fin de chantier, les films plastiques ;
- et enfin, ceux issus de la filtration des eaux des douches.



Décapage des peintures : comment réduire le volume des déchets

Pour réduire considérablement la consommation de grenaille et le volume de déchets, on sépare les déchets de peinture plombifère de la grenaille. Une machine installée sur le chantier permet de réaliser cette opération. Après traitement, les déchets représentent à peine 1 % du poids de la grenaille.

4. PONTS EN BÉTON

Avant la guerre de 1914-1918, le béton armé était déjà présent en France, pays où il a été inventé. Ainsi en 1873, Joseph Monier a déposé un additif à son brevet de béton armé de 1867, intitulé *Application à la construction des ponts et passerelles de toutes dimensions*. En 1875, il a construit le petit pont du château de Chazelet (13,80 m de portée), premier pont en ciment armé du monde. En 1900, on inaugure un pont en arc conçu par le bureau d'études de François Hennebique. Il s'agit du pont de la Manufacture à Châtellerault, premier grand pont en béton armé (une des travées a une portée de 50 mètres). On peut citer parmi les applications les plus anciennes, l'élargissement du pont Saint-Esprit à Bayonne grâce à des encorbellements en béton armé datant de 1900.

4.1. Les différents types de ponts en béton

4.1.1. Les ponts à arc en béton

Après la guerre de 1914-1918, l'usage de béton armé était limité par le coût des armatures, à une époque où l'on ne disposait que de ronds lisses peu performants. Quelques ingénieurs tels qu'Eugène Freyssinet ont construit des arcs en béton non armé, qui présentaient l'avantage d'être peu coûteux. En effet, l'armature d'un arc entièrement comprimé n'est pas nécessaire, car c'est le béton qui supporte seul l'effort de compression.

Le seul inconvénient pour la grande portée était l'affaissement de l'arc sous l'effet du retrait, mais également du fluage encore très mal connu à l'époque. Eugène Freyssinet réussit à éliminer ce problème par l'invention de vérins plats qui permettaient de rattraper la déformation non souhaitée en exerçant un effort à la clef. L'utilisation de ces vérins, conçus au départ pour décoffrer l'ouvrage afin de réutiliser le cintre, fut à l'origine de l'invention de la précontrainte du béton, qui s'est développée de façon fulgurante après la guerre de 1939-1945.

Parmi les réalisations d'Eugène Freyssinet, on note le célèbre pont Albert Loupe à Plougastel, pont à trois arcs de 173 mètres, terminé en 1930, ainsi que le très beau pont de Villeneuve-sur-Lot, commencé avant la guerre de 1914-1918, dont le chantier a été interrompu, puis terminé en 1923.



◀ Figure 47 - Le pont de Villeneuve-sur-Lot. Un arc double en béton armé supporte d'élégantes arches, également en béton, revêtues de briques (Eugène Freyssinet, 1923, portée 100 mètres).

4.1.2. Les VIPP (viaduc à travées indépendantes à poutres préfabriquées précontraintes par post-tension)

Dès l'apparition de la précontrainte, on a eu l'idée de concevoir des tabliers de ponts en juxtaposant des poutres en I de grande inertie, afin de franchir de grandes portées (jusqu'à 60 mètres) à moindre coût.

Du fait de leur poids important, les poutres étaient préfabriquées et précontraintes sur le chantier au pied de l'ouvrage, hissées (parfois à de grandes hauteurs) et enfin ripées à leur emplacement définitif. Ce type d'ouvrages constitue souvent les travées d'accès de grands ponts suspendus (pont d'Aquitaine, pont de Saint-Nazaire, etc.). Aujourd'hui, ces poutres fabriquées sur chantier présentent parfois des faiblesses (insuffisance de la précontrainte résiduelle, corrosion des câbles, défauts d'injection, rupture de câbles etc.) et il faut souvent les réparer ou les renforcer.



▲ Figure 48 - Vue des poutres VIPP sur le viaduc de Chasse-sur-Loire sur l'A7 en cours de réparation (entreprise Freyssinet).

4.1.3. Les ponts à PRAD (pont à poutres précontraintes par adhérence)

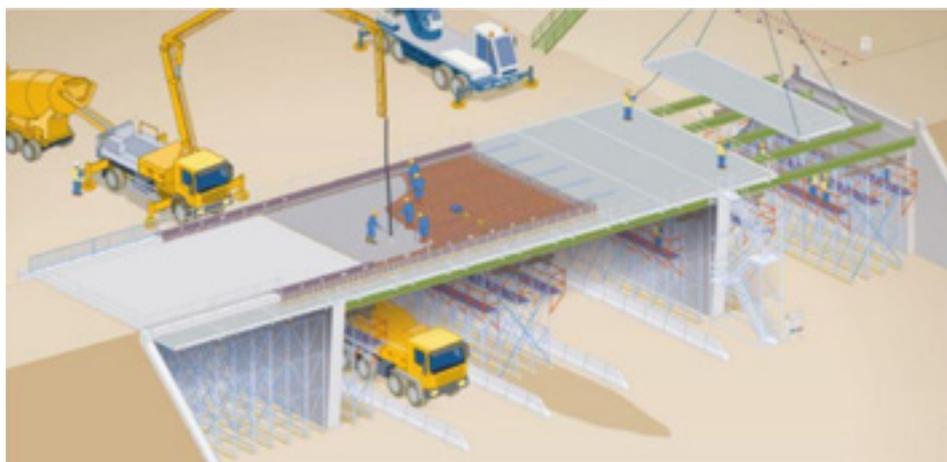
Les poutres précontraintes constitutives des ponts peuvent également être préfabriquées en usine. Il s'agit alors de précontrainte à fils adhérents. C'est la recherche du moindre coût qui guide leur conception. Du fait du coût de transport et de manutention des poutres, on limite généralement la portée à moins de 30 mètres. Ces ouvrages équipent les autoroutes récentes (par exemple l'autoroute Aliénor A65) et les dernières LGV (lignes de train à grande vitesse) pour le raccordement des routes coupées par le tracé (passages supérieurs).



▲ Figure 49 - Construction d'un pont à poutres préfabriquées PRAD (entreprise Vinci, échangeur Agen Ouest, pose de poutres. Crédit Perivision).

4.1.4. Les ponts-dalles coulés sur cintre puis précontraints par post-contrainte

Les ponts-dalles ont été très utilisés dans les programmes autoroutiers des années 1980. Le tablier est constitué par une dalle pleine en béton coulée sur cintre, posée sur un étaielement. Des gaines sont incorporées au béton et reçoivent des câbles de précontrainte mis en tension lorsque le béton a atteint une résistance suffisante.



▲ Figure 50 - Illustration d'un pont-dalle coulé sur cintre (*Prévention BTP*, n° 142, 2011).



4.1.5. Les ponts à voussoirs

Les sections de tabliers tubulaires, dont les tronçons préfabriqués ou coulés en place s'appellent des voussoirs, sont préférées pour les grandes portées. En effet, ce type de section est très performant vis-à-vis de la flexion. Plusieurs méthodes de construction existent, cependant la méthode de construction par encorbellements successifs autour de la pile permet de franchir des portées de plus de 100 mètres entre appuis.



◀ Figure 51 - Pont à voussoirs sur la Dordogne, en construction (LGV Tours Bordeaux, entreprise Dodin Campenon).

4.2. Travaux courants sur les ponts en béton

i Réparer ou renforcer un pont en béton

- Le béton (armé ou précontraint), matériau par excellence de la modernité, est l'alliance du matériau béton, similaire à la pierre et de l'acier sous toutes ses formes allant des aciers doux du début jusqu'aux aciers à haute limite élastique de précontrainte.
- Le problème est que cette alliance, qui laissait croire que le matériau était aussi durable que la pierre, est fragile à cause de la sensibilité de l'acier à la corrosion et aux défauts de précontrainte non prévus.
- Le changement de configuration du pont ou la correction de ces défauts peut entraîner la démolition du tablier et de ses appuis. La manutention de pièces lourdes en béton nécessite l'usage de grues de forte capacité. La modification d'un pont ou son renforcement peuvent requérir des carottages ou du sciage de béton, de l'hydrodémolition, l'élargissement des semelles de fondation ou la mise en œuvre de précontrainte additionnelle souvent compliquée par le travail au-dessus de l'eau.
- Les ponts soumis à l'ambiance marine nécessitent la réparation des bétons dégradés par la corrosion due aux chlorures, que cela soit sur le tablier ou sur les piles. Les forts courants marins rendent nécessaire la protection des fondations par des batardeaux remplis de béton.

→ Le changement des appareils d'appuis s'effectue après le vérinage du tablier. Le renforcement par textiles collés des poutres des VIPP (viaduc à travées indépendantes à poutres préfabriquées précontraintes par post-tension) s'effectue après le décapage du support béton.

→ La préparation de la colle époxy et son application nécessitent des protections individuelles spécifiques. Il est également possible de regarnir des gaines de précontrainte présentant des défauts d'injection du coulis.

4.3. Réparation lourde : modification du tablier et des appuis

On peut être conduit à démolir tout ou partie du pont, en supprimant par exemple un appui intermédiaire pour dégager de l'espace, même s'il faut pour cela changer le tablier, car on allonge la portée. Il s'agit de travaux très importants, qui sont souvent à réaliser sans interrompre la circulation : un véritable défi.

À Châtenay-Malabry, un ancien pont en béton armé avec pile centrale a été entièrement démolé pour être remplacé par un pont sur deux appuis (culées), constitué de poutres en béton précontraint (PRAD) fabriquées en usine.

Les travaux ont été réalisés par demi-tablier sous la contrainte du trafic ferroviaire et routier. Ceux qui pouvaient interférer avec la LGV Atlantique ont été effectués la nuit pendant des heures d'interruption du trafic.

4.3.1. Démolition du tablier

Pour démolir le tablier en béton armé, des carottages ont été réalisés pour passer les élingues en cravate. Les éléments du tablier ont été sciés et évacués de nuit à l'aide d'une grue mobile. Auparavant, des protections contre les chutes ont été fixées en bordure de la zone démolie.



▲ Figure 52 - Évacuation d'un morceau en bordure de tablier formant caniveau technique (pont de Châtenay-Malabry, bureau d'étude SCE, entreprise Gagnereau).



4.3.2. Démolition des piles



Les piles constituant les appuis, de part et d'autre du tablier, doivent également être démolies lors d'une intervention de nuit. Après avoir découpé et retiré les éléments de tablier adjacents, un ensemble constitué d'un tronçon de tablier et des deux poteaux correspondants est élingué et maintenu le temps du sciage de la base des piles. Il est ensuite évacué par levage à l'aide de la grue mobile.

◀ Figure 53 - Après sciage, un tronçon de tablier associé à deux poteaux est évacué par levage à l'aide de la grue mobile (pont de Châtenay-Malabry, bureau d'étude SCE, entreprise Gagnereau).

4.3.3. Gestion des interfaces avec le trafic ferroviaire

Des règles de sécurité particulières doivent être respectées lors des interventions programmées avec la SNCF sur son emprise. Des protections pour les caténaires (risque électrique) et pour les voies (protection contre les chocs pouvant détériorer la voie) sont mises en place le temps des travaux de nuit nécessitant une interruption du trafic de la LGV Atlantique.



▲ Figure 54 - Pose de nuit d'isolants sur les caténaires (pont de Châtenay-Malabry, bureau d'étude SCE, entreprise Gagnereau).

4.3.4. Gestion des interfaces avec le trafic routier

Afin de maintenir le trafic sur l'avenue de la division Leclerc sur laquelle se trouve le pont de Châtenay-Malabry, les travaux sont effectués par demi-tablier en supprimant un sens de circulation.



Travaux en bordure de voie : une clôture pour lutter contre le risque routier

Pour éviter que la vue du chantier ne distraie les automobilistes et provoque des accidents, il a été décidé de réaliser une clôture par un séparateur GBA (glissières en béton armé) surmonté d'une palissade opaque.

Lire aussi sur preventionbtp.fr :

« Le risque routier : risques d'accidents sur la voie publique »



▲ Figure 55 - Le demi-tablier circulé est doté de glissières en béton armé, surmontées d'une palissade opaque (pont de Châtenay-Malabry, bureau d'étude SCE, entreprise Gagnereau).



4.3.5. Reconstruction de nouvelles fondations

Une fois le demi-tablier démoli, on a accès aux anciennes culées qui sont également démolies. Des fondations constituées de micropieux métalliques sont réalisées afin de fonder la nouvelle culée. Une instrumentation de la voie a permis de surveiller les effets du forage des micropieux sur la voie SNCF.



▲ Figure 56 - La démolition du tablier puis de l'ancienne culée permettent la réalisation de micropieux (pont de Châtenay-Malabry, bureau d'étude SCE, entreprise Gagnereau).

4.3.6. Reconstruction des culées

Une fois les culées reconstruites, on peut préparer les bossages qui recevront les nouvelles poutres. Des appareils d'appui néoprène sont installés pour assurer la transmission des efforts à la culée. Des garde-corps enfilés en bordure du chevêtre de la culée protègent le personnel contre le risque de chute de hauteur pendant ces travaux.



◀ Figure 57 - La nouvelle culée terminée. On remarque la protection contre les chutes par garde-corps (pont de Châtenay-Malabry, bureau d'étude SCE, entreprise Gagnereau).

4.3.7. Préparation des levages avec des grues de forte capacité



Utilisation de grues mobiles : des essais pour vérifier la portance du sol

Lors de l'installation de grues mobiles de forte capacité (300 à 400 tonnes), afin d'évacuer les morceaux de tablier et de poser les poutres précontraintes, le sol d'appui est fortement sollicité. Le bureau d'études géotechnique a préconisé des essais au pénétromètre afin de vérifier que la portance du sol était suffisante au droit des appuis des grues mobiles.



◀ Figure 58 - Essais au pénétromètre au droit des appuis des grues mobiles (pont de Châtenay-Malabry, bureau d'étude SCE, entreprise Gagnereau).

4.3.8. Levage des poutres de nuit

Des poutres précontraintes en forme de té inversé de 30 mètres de portée, préfabriquées par la société Matière, permettent de franchir la portée sans appui intermédiaire et sans étaie.



Une solution pour éviter le coffrage en sous-face du tablier

Les talons de ces poutres en té inversé sont suffisamment larges pour être posés jointifs, ce qui évite tout coffrage en sous-face du tablier, supprimant ainsi tout risque lors du coffrage.

La pose s'effectue de nuit afin de minimiser l'impact de ces travaux sur les différents trafics.



▲ Figure 59 - Pose de poutres PRAD de nuit. Un éclairage compatible avec les travaux a été prévu (pont de Châtenay-Malabry, bureau d'étude SCE, entreprise Gagnereau).

4.4. Augmentation de la capacité d'un pont autoroutier

L'augmentation du trafic sur une autoroute peut nécessiter d'augmenter le nombre de voies sur un pont. Une solution est de construire un autre pont neuf parallèle et de dédier chaque pont à un sens de circulation.

Les travaux à réaliser sur l'ancien pont, sont les suivants : tout d'abord supprimer le terre-plein central séparant les deux sens de circulation ce qui permet d'ajouter une voie. Ensuite, si le pont est dans un virage, il faut modifier le dévers pour tenir compte d'un seul sens de circulation. Pour le réaliser, il faut recharger le pont par une chape. Tous ces travaux nécessitent un renforcement du tablier et des fondations pour tenir compte des charges supplémentaires.

C'est ce qui a été réalisé par exemple, avec le doublement du pont sur l'Adour, à proximité de Bayonne sur l'autoroute A63. Les charges additionnelles ont conduit à un renfort des voussoirs par précontrainte additionnelle, accompagné d'un changement des appareils d'appui et d'un renfort des semelles de fondation.

4.4.1. Accès – Carottage des âmes de voussoirs – Vérinage du pont – Changement des appareils d'appui

L'entreprise a construit un échafaudage permettant l'accès à une large plateforme de travail équipée d'un monorail. Le poste de travail ainsi aménagé permet de vériner le pont afin de remplacer les appareils d'appui néoprène et de lui

donner un dévers. Il permet également de réaliser les carottages des âmes et la mise en place de barres Diwidag pour l'ancrage des bossages déviateurs de la précontrainte additionnelle.



▲ Figure 60 - Accès sécurisé aux appareils d'appui et aux âmes du pont (pont sur l'Adour A63, entreprise Vinci).

4.4.2. Ancrage et déviation pour les câbles de précontrainte additionnelle

La pose de précontrainte additionnelle à l'intérieur des voussoirs du pont nécessite la réalisation de bossages d'ancrage ou de déviation des câbles extérieurs au béton. On procède au préalable à des carottages traversant l'âme du voussoir. Cela permet de placer des barres Diwidag (ici 28 barres) qui sont mises en tension après le décoffrage du bossage.



▲ Figure 61 - Bossage déviateur en cours de ferrailage (pont sur l'Adour A63, entreprise Vinci).



4.4.3. Élargissement des semelles d'appui

Les fondations sont élargies grâce à des semelles additionnelles de part et d'autre de l'existant. L'ensemble est ensuite rendu solidaire par des câbles de précontrainte.



▲ Figure 62 - La semelle rajoutée sera assemblée à l'existant par précontrainte (pont sur l'Adour A63, entreprise Vinci).

4.4.4. Hydrodémolition de la partie supérieure du tablier – Ajout d'une chape pour la mise en dévers de l'ouvrage

Le dévers obtenu par intervention sur les appuis est complété par le coulage d'une chape en béton allégé.



Démolition du béton : vibrations et détérioration des aciers

Les réservations et le décapage du hourdis sont réalisés par hydrodémolition qui nécessite de former et suivre les compagnons concernés.

Lire aussi sur preventionbtp.fr :

« [Mettre en œuvre l'hydrodémolition en toute sécurité](#) »



La chape est rendue solidaire du tablier par 3000 points de ferrailage de couture.



▲ Figure 63 - Après décapage par hydrodémolition, mise en place du ferrailage de la future chape (pont sur l'Adour A63, entreprise Vinci).

4.4.5. Accès et circulation à l'intérieur de l'ouvrage (voussoirs)



Accéder à l'intérieur d'un pont à voussoir en sécurité

Les accès à l'intérieur de l'ouvrage depuis la berge sont réalisés par un échafaudage depuis le dessous par une trémie existante (voir figure 60). Pour les travées en rivière, l'accès est organisé depuis le dessus par des échafaudages avec création d'une trémie dans le hourdis. Un éclairage définitif a été installé pour les travaux et pour d'éventuelles interventions ultérieures.

Lire aussi sur preventionbtp.fr :

« Circulations sur chantier – Balisez les zones de circulation »



◀ Figure 64 - Circulation dans les voussoirs avec un éclairage installé à demeure.



4.5. Réparation de ponts soumis à l'ambiance marine

Les chlorures accélèrent la corrosion des aciers, qu'ils proviennent de l'eau de mer et des embruns ou bien des sels de déverglaçage des chaussées. Par ailleurs, les courants marins peuvent être assez puissants pour saper les fondations d'un ouvrage.

Le pont de Noirmoutier, construit dans les années 1970, constitue un moyen d'accès très rapide à l'île de Noirmoutier, qui était auparavant desservie uniquement par le passage du Gois à marée basse ou par voie maritime. Ce pont étant essentiel au développement de l'île, le Conseil départemental de la Vendée a consenti des travaux importants pour assurer sa pérennité et réparer les dégâts occasionnés par l'eau de mer chargée en chlorures et les courants marins. Les parements en béton ont été réparés, sur les piles comme à la sous-face du tablier. Par ailleurs, les fondations des piles ont été protégées des courants marins.

4.5.1. Travaux de réparation des bétons en sous-face de tablier



Réparer les bétons en sous-face du tablier avec une nacelle négative

Pour la purge des bétons dégradés et la reconstitution de l'enrobage au mortier spécial à la sous-face du tablier, une nacelle négative d'un modèle roulant sur le tablier a été choisie plutôt qu'un modèle sur camion porteur de capacité insuffisante.

En effet, le béton purgé est susceptible de charger le plancher de la nacelle et il faut embarquer des sacs de mortier de résine. Il fallait donc un appareil doté d'une grande capacité de charge afin de garantir la stabilité.



◀ Figure 65 - Purge des bétons dégradés et réparation à l'aide d'une nacelle négative de forte capacité (pont de Noirmoutier, entreprise Freyssinet).

4.5.2. Travaux de protection des bétons par peinture spéciale

Une nacelle négative sur camion porteur, facile à replier mais disposant d'une capacité de charge limitée, a été choisie pour effectuer, en plus de la réparation, les travaux de revêtement des bétons par peinture spéciale à la sous-face du tablier. Cela retarde considérablement l'apparition d'épaufrures dues à la corrosion.



▲ Figure 66 - Application d'une peinture en sous-face de tablier à l'aide d'une nacelle négative (pont de Noirmoutier, entreprise Freyssinet).

4.5.3. Travaux de réparation des bétons sur les piles

Sur les parements en béton qui présentent de la corrosion des aciers et des épaufrures, le béton dégradé doit être purgé jusqu'à l'arrière des aciers. On appelle cela le détournage des aciers, opération qui est prescrite dans les guides techniques du STRRES, véritables règles professionnelles qui font ici autorité (voir le guide FABEM 1 « Reprise des bétons dégradés »). Dans le cas présenté sur la figure 67, il a été réalisé par hydrodémolition sur un échafaudage.



Des solutions pour détourner les aciers en sécurité

Quand cela est possible, le décapage haute pression à la nacelle ou à l'échafaudage sont préférables pour réaliser cette opération, car plus simple et confortable que les travaux sur corde et le détournage à l'aide d'outils à main.



Les aciers reçoivent un produit de passivation pour stopper la corrosion. L'enrobage est ensuite reconstitué par application d'un mortier spécial de résine.



◀ Figure 67 - Le détournage des aciers est ici réalisé ici par hydrodémolition sur un échafaudage (pont de Noirmoutier, entreprise ATS).

4.5.4. Protection de la base des piles

Sur le chantier du pont de Noirmoutier, l'entreprise a posé des parements en résine époxy armée de fibres de verre particulièrement légers à l'aide d'un échafaudage. Ils seront complétés par un mortier de résine coulé entre la pile et le composite. On crée ainsi une surépaisseur protectrice à la base des piles, véritable barrière contre les chlorures à l'origine de la corrosion des aciers.



▲ Figure 68 - Pose des parements en résine époxy armée de fibre de verre à la base des piles (pont de Noirmoutier, entreprise Freyssinet).



4.5.5. Protection des fondations par batardeaux remplis de béton

Les travaux en milieu maritime depuis une barge flottante sont rendus difficiles par la modification du niveau de la barge provoquée par la marée. Le marnage est très important au voisinage du pont.



Travaux sur barge : des pieds sous la barge pour une meilleure stabilité

L'entreprise a fait l'acquisition d'une barge dotée de pieds qui prennent appui sur le fond. Une fois la barge bridée sur ses pieds au niveau des hautes eaux, les engins (grue mobile, pompe à béton) n'ont plus besoin d'ajuster leur flèche pour le travail en fonction des marées. La stabilité d'une telle barge est la garantie d'une plus grande sécurité.

La barge permet la réalisation des batardeaux ainsi que le bétonnage du massif de protection de la fondation.



▲ Figure 69 - Bétonnage depuis la barge auto-élevatrice Cézembre. Le béton est acheminé par pompage depuis le tablier du pont (pont de Noirmoutier, entreprise Charier Génie Civil).



4.6. Renforcement d'un VIPP par précontrainte additionnelle

Les ponts importants de grande portée (à haubans ou suspendus) sont souvent flanqués de travées d'approche en VIPP (viaduc à travées indépendantes à poutres préfabriquées précontraintes par post-tension). Ces poutres en I de grande portée (jusqu'à 60 mètres) sont parfois sujettes à des pathologies graves : ruptures de torons ou de fils de précontrainte, câbles corrodés, défauts sur le coulis d'enrobage, etc. La solution est de traiter les pathologies de corrosion et de rajouter une précontrainte extérieure additionnelle de part et d'autre des poutres pour les renforcer une à une. La difficulté de ces chantiers provient de la situation des poutres à renforcer, souvent au dessus de l'eau et de grande hauteur.



Travaux au-dessus d'un fleuve : des protections contre les risques de chute à l'eau

Lors du renforcement du viaduc d'accès au pont de Saint-Nazaire, le renforcement des talons de poutre et la mise en place d'une précontrainte additionnelle ont été faites depuis un platelage constitué par une barge hissée à l'aide de vérins sous le tablier.

Le travail s'est effectué par travées entières. Une fois une travée terminée, la barge était remise à flot et à nouveau hissée sous la travée suivante à renforcer. Outre sa fonction de platelage sécurisé, la barge a permis le stockage des matériels et des matériaux nécessaires et a servi également pour le cantonnement et aux installations d'hygiène du personnel.

4.6.1. Poutre témoin

Une poutre témoin a été réalisée sur la berge, beaucoup plus facile d'accès. Les travaux programmés pour les autres poutres y ont été effectués pour une validation par la maîtrise d'œuvre. On y a donc exécuté les massifs d'ancrage aux abouts, les déviateurs et le renforcement du talon de poutre en travée, puis la pose des câbles de précontrainte additionnelle extérieurs au béton.



Travaux sur ouvrage témoin : mieux anticiper les risques

Une bonne représentation et une répétition du travail à réaliser sont propices à la sécurité des travaux qui seront ensuite réalisés dans des conditions plus difficiles (sur une barge au-dessus de l'eau).



▲ Figure 70 - Ancrage d'about de la poutre témoin et des câbles de précontrainte extérieurs au béton. On peut voir le rajout de béton sur le talon (pont de Saint-Nazaire, entreprise Bouygues).

4.6.2. Barge servant de plan de travail et de cantonnement pour le personnel

Sur les travées courantes au-dessus de l'eau, l'ensemble du matériel et des matériaux nécessaires sont « embarqués » sur une barge : échafaudages, coffrages, aciers passifs et aciers de précontrainte etc.

Après avoir été hissée à l'aide de câbles de précontrainte et de vérins en sous-face de la travée, la barge sert de plan de travail. Le cantonnement se trouve en dessous du pont de la barge.



▲ Figure 71 - Une barge hissée sous la travée sert de plan de travail (pont de Saint-Nazaire, entreprise Bouygues).



4.6.3. Renforcement des talons des poutres

Afin d'encaisser la force de précontrainte additionnelle, il est nécessaire d'augmenter la section de béton en renforçant le talon de la poutre. Il convient également de créer des massifs et bossages en béton pour ancrer les câbles extérieurs et les dévier afin de transmettre l'effort de précontrainte à la poutre. Les armatures passives à haute adhérence à rajouter sur les talons de poutres, et en particulier les cadres, sont scellées à l'aide de résine époxy. Les massifs d'ancrage en extrémité et les bossages déviateurs sont fixés par carottage des âmes de poutres et rajout de barres traversantes précontraintes.



Travaux de coffrage : pensez aux matériaux allégés

Les talons de poutres ont été coffrés avec des panneaux allégés en matériaux composites, ce qui contribue à diminuer le port de charges.

Lire aussi sur preventionbtp.fr :

« [Troubles musculosquelettiques \(TMS\) : les risques dans le BTP](#) »



▲ Figure 72 - Les cadres pour le renfort des talons de poutres sont scellés à l'aide de résine époxy (pont de Saint-Nazaire, entreprise Bouygues).

4.6.4. Vues sur une travée terminée

Chaque poutre reçoit le même renfort par précontrainte additionnelle apportée par quatre câbles extérieurs, placés symétriquement de part et d'autre de la poutre.



▲ Figure 73 - Une travée terminée avec les câbles, les bossages déviateurs et le renfort du talon (pont de Saint-Nazaire, entreprise Bouygues).

4.7. Renforcement d'un VIPP par textiles collés

Les ponts VIPP (viaduc à travées indépendantes à poutres préfabriquées précontraintes par post-tension) construits dans les années 1970 doivent être renforcés pour répondre aux nouveaux règlements. D'une part, les appareils d'appuis doivent être changés et, d'autre part, certaines gaines présentant des défauts d'injection lors de leur réalisation doivent être traitées pour éviter la corrosion des torons mal protégés.

Pour le renforcement léger, le collage de textiles en fibres de carbone à l'aide de résine époxy est une technique fréquemment choisie.

Ces travaux ont été réalisés sur le VIPP 211 sur l'autoroute A7 à Chasse-sur-Rhône.

4.7.1. Travail en hauteur

Le travail au niveau des chevêtres d'appui (renforcement des chevêtres, vérinage, changement des appareils d'appuis) peut être réalisé à l'aide d'un échafaudage de pieds. Dans les travées, on utilise une plateforme automotrice à ciseaux sur un sol stable (PEMP mono-directionnelle type A).



▲ Figure 74 - Travail en hauteur : échafaudage de pied sur les chevêtres d'appui, PEMP à ciseaux dans les travées (VIPP 211 sur l'A7 à Chasse-sur-Rhône, entreprise Freyssinet).

4.7.2. La préparation du support

Il faut préparer le support béton pour garantir l'adhérence du composite. Le décapage est réalisé sur ce chantier à l'aide d'une ponceuse reliée à un aspirateur (captation à la source des poussières). L'opérateur est en plus équipé d'un masque antipoussières (généralement FFP2 ou FFP3). Le but est de se protéger contre les poussières de silice émises lors du ponçage.



⚠ Travaux sur structures floquées : prévoyez un diagnostic amiante

Certaines structures sont protégées contre le feu par des floquages. Dans ce cas, il convient de demander aux maîtres d'ouvrage un diagnostic amiante afin de s'assurer que le flochage n'en contient pas. Si le flochage est amiaté, l'enlèvement du revêtement ne peut être effectué que par une entreprise spécialement agréée pour ces travaux et disposant de personnel formé.

Lire aussi sur preventionbtp.fr :

« [Amiante : risques, solutions, toutes les ressources](#) »



4.7.3. La préparation de la colle

La préparation de la résine est effectuée en mélangeant les deux composants (résine et durcisseur) à l'aide d'un outil malaxeur fixé sur une perforatrice électrique.

⚠ Préparation de colle époxy : un équipement pour se protéger du risque chimique

Le mélange forme une colle extrêmement puissante. La réaction chimique qui résulte de ce mélange dégage des vapeurs toxiques, ce qui implique de porter une protection individuelle respiratoire. L'opérateur qui prépare la colle époxy est équipé d'un masque respiratoire complet avec visière protégeant le visage. Les cartouches filtrantes lors de la préparation de la colle époxy sont du modèle ABEK. Cette colle étant très puissante, il convient de protéger la peau et les yeux. Le masque respiratoire est complété par une combinaison jetable et des gants de protection.

Lire aussi sur preventionbtp.fr :

« [Protection individuelle des voies respiratoires – Appareils filtrants](#) »



◀ Figure 75 - Préparation de la colle époxy (VIPP 211 sur l'A7 à Chasse-sur-Rhône, entreprise Freyssinet).

4.7.4. Le collage des bandes textiles en sous-face de la nervure (renfort au moment)

À l'aide d'une PEMP automotrice à ciseaux, les équipiers collent les bandes de textile à la sous-face des poutres et les enrobent de colle à l'aide d'un rouleau. Ces bandes, une fois durcies, sont destinées à renforcer le talon des poutres par une section complémentaire extrêmement résistante. Cela renforce la résistance au moment de flexion.



◀ Figure 76 - Collage de bandes en sous-face : gants, visière et combinaisons protègent la peau des opérateurs (VIPP 211 sur l'A7 à Chasse-sur-Rhône, entreprise Freyssinet).

4.7.5. Le collage des bandes textiles sur les âmes (renfort à l'effort tranchant)

L'implantation des textiles sur les âmes résulte d'un calcul. Ils doivent être positionnés soigneusement aux emplacements prévus. Pour cela, un traçage préalable s'impose. Leur tracé rappelle celui des cadres utilisés pour la résistance à l'effort tranchant et leur fonctionnement est similaire.



◀ Figure 77 - Collage de bandes sur les âmes (VIPP 211 sur l'A7 à Chasse-sur-Rhône, entreprise Freyssinet).



4.7.6. Vérinage, réfection des bossages d'appuis, changement des appareils d'appui

Le vérinage de chaque poutre est réalisé à l'aide de deux vérins montés de part et d'autre d'un berceau métallique. Les bossages d'appuis ont été démolis et reconstruits à neuf pour recevoir les nouveaux appareils d'appui néoprène. Cette opération nécessite l'interruption de la circulation sur le pont.



▲ Figure 78 - Vérinage des poutres (Freyssinet VIPP 211 sur l'A7 à Chasse-sur-Rhône).

4.7.7. Traitement de gaines présentant des défauts d'injection

Les portions de gaines présentant des défauts de remplissage par le coulis sont repérées. Leur emplacement est tracé sur les âmes des poutres. On réalise des forages pour placer des injecteurs. Le remplissage se déroule en deux phases : injection d'un produit de passivation pour arrêter la corrosion des aciers, puis d'un coulis complémentaire de protection.



◀ Figure 79 - Réinjection de gaines présentant des défauts (VIPP 211 sur l'A7 à Chasse-sur-Rhône, entreprise Freyssinet).

5. ANALYSE DES RISQUES ET PRÉVENTION

5.1. Ponts en maçonnerie

Si le pont est maintenu en circulation, tout le personnel peut être exposé au risque d'être heurté par un véhicule conduit par un usager de la route. À cet effet, la première mesure de prévention sera une déviation avec coupure de la circulation ou bien la circulation alternée par demi-tablier. Si ces mesures ne peuvent être obtenues, il faudra opter pour des travaux sous circulation avec séparation des circulations piétons et véhicules, signalisation routière avec limitation de vitesse, port du gilet rétro réfléchissant, etc.

TRAVAUX LES PLUS COURANTS	RISQUES PRÉPONDÉRANTS*	PRÉVENTION DES RISQUES PRÉPONDÉRANTS	AUTRES RISQUES
Étanchéité			
Mise à nu des voûtes permettant de vérifier leur état	<ul style="list-style-type: none"> • Rabotage des enrobés • Utilisation d'engins de terrassement, heurt de piétons • Effondrement de voûtes 	<ul style="list-style-type: none"> • Engins de terrassement légers (mini-pelles) pour ne pas trop solliciter les voûtes • Étalement des voûtes si besoin • Systèmes de détection des piétons pour éviter le heurt 	<ul style="list-style-type: none"> • Bruit, vibration <p>Suivant le diagnostic amiante dans les enrobés, protections contre les poussières d'amiante lors du rabotage</p>
Réfection de l'étanchéité	<ul style="list-style-type: none"> • Produits chauds : brûlure, incendie • Manutention manuelle des produits d'étanchéité • Manutention mécanique rupture d'appareil ou d'appareils, renversement d'appareil de levage • Risque de contact avec des réseaux électriques aériens électrocution 	<ul style="list-style-type: none"> • EPI adaptés aux produits chauds vêtements, gants, chaussures • Moyens de lutte contre l'incendie : extincteurs • Examen d'adéquation des appareils et appareils de levage et vérifications réglementaires • Consignation des réseaux électriques ou respect des distances de sécurité 	<ul style="list-style-type: none"> • Risque chimique
Garnissage des voûtes	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation d'engins de terrassement 	<ul style="list-style-type: none"> • Engins de terrassement légers (mini-pelles) pour ne pas trop solliciter les voûtes • Étalement des voûtes si besoin • Systèmes de détection des piétons pour éviter le heurt 	<ul style="list-style-type: none"> • Bruit, vibrations

TRAVAUX LES PLUS COURANTS	RISQUES PRÉPONDERANTS*	PRÉVENTION DES RISQUES PRÉPONDERANTS	AUTRES RISQUES
Réalisation de couche de roulement en enrobés	<ul style="list-style-type: none"> Utilisation de finisseur Risque de heurt des piétons 	<ul style="list-style-type: none"> EPI adaptés aux produits chauds vêtements, gants, chaussures Moyens de lutte contre l'incendie : extincteurs Systèmes de détection des piétons pour éviter le heurt Application d'enrobés à basse température 	<ul style="list-style-type: none"> Bruit, vibrations, risque chimique
Structure			
Renforcement et protection des fondations	<ul style="list-style-type: none"> Réalisation de mini pieux métalliques, machines de forage, manutentions manuelles et mécaniques 	<ul style="list-style-type: none"> Équipement des foreuses contre le risque dû aux pièces tournantes 	<ul style="list-style-type: none"> Bruit, vibrations
Enrochements	<ul style="list-style-type: none"> Travaux fluviaux sur barge risque de noyade 	<ul style="list-style-type: none"> Gilets de sauvetage en cas de chute à l'eau, moyens de secours, embarcation, bouée 	<ul style="list-style-type: none"> Utilisation d'engins de terrassement heurt de piétons
Reconstruction de voûtes	<ul style="list-style-type: none"> Réalisation de cintres bois, utilisation de machines à bois sectionnement, travail en hauteur utilisation d'échafaudage, risque de chute et /ou de noyade, taille de pierre, manutentions mécaniques et manuelles 	<ul style="list-style-type: none"> Équipement des scies par couteau diviseur et protecteur de lame Établis pour la découpe avec scie portative Plans d'échafaudages, vérifications d'échafaudages Examen d'adéquation des appareils et appareils de levage et vérifications réglementaires 	<ul style="list-style-type: none"> Bruit, vibrations, poussières de bois, poussières de silice
Changement de pierres en mauvais état	<ul style="list-style-type: none"> Travail en hauteur, risque de chute et /ou de noyade Taille de pierre, manutentions mécaniques et manuelles de pierres 	<ul style="list-style-type: none"> Plans d'échafaudages, vérifications d'échafaudages Examen d'adéquation des appareils et appareils de levage et vérifications réglementaires Formation/habilitation à la conduite Aides à la manutention pour les pierres par chèvres palans, ou engin équipé de bras auxiliaire 	<ul style="list-style-type: none"> Bruit, vibrations, poussières de silice
Mise en place de tirants métalliques	<ul style="list-style-type: none"> Machines de forage, travail en hauteur, manutentions mécaniques et manuelles 	<ul style="list-style-type: none"> Plans d'échafaudages, vérifications d'échafaudages Équipement des foreuses contre le risque dû aux pièces tournantes 	<ul style="list-style-type: none"> Bruit, vibrations
Changement du joint de chaussée	<ul style="list-style-type: none"> Utilisation de marteaux piqueurs, utilisation d'engins de levage, manutention manuelles 	<ul style="list-style-type: none"> Examen d'adéquation des appareils et appareils de levage et vérifications réglementaires Formation/habilitation à la conduite 	<ul style="list-style-type: none"> Bruit, vibrations, poussières

TRAVAUX LES PLUS COURANTS	RISQUES PRÉPONDÉRANTS*	PRÉVENTION DES RISQUES PRÉPONDÉRANTS	AUTRES RISQUES
Parement			
Dégarnissage et réfection des joints entre les pierres	<ul style="list-style-type: none"> • Travail en hauteur, risque de chute et /ou de noyade • Sablage ou dégarnissage manuel des joints, ravèlement manuel au chemin de fer, manutentions mécaniques et manuelles 	<ul style="list-style-type: none"> • Plans d'échafaudages, vérifications d'échafaudages • Gilets de sauvetage en cas de chute à l'eau, moyens de secours, embarcation, bouée 	<ul style="list-style-type: none"> • Bruit, vibrations, poussières de silice
Équipements			
Rajout de passerelles latérales pour les cyclistes et les piétons	<ul style="list-style-type: none"> • Coulage de dalles béton, mise en place d'ancrages ; travail en hauteur, risque de chute et/ou de noyade • Utilisation de nacelle 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation de nacelle examen d'adéquation, vérifications, formation/ habilitation à la conduite 	<ul style="list-style-type: none"> • Bruit, vibrations, poussières
Rajout de nouveaux réseaux	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation d'engins de terrassement heurt de piétons, manutentions mécaniques et manuelles 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes de détection des piétons pour éviter le heurt 	<ul style="list-style-type: none"> • Bruit, vibrations
Réfection des parapets et ou rambardes	<ul style="list-style-type: none"> • Manutentions mécaniques, travail en hauteur, risque de chute et /ou de noyade 	<ul style="list-style-type: none"> • Examen d'adéquation des appareils et appareils de levage et vérifications réglementaires • Formation/habilitation à la conduite. Gilets de sauvetage en cas de chute à l'eau, moyens de secours, embarcation, bouée 	<ul style="list-style-type: none"> • Bruit, vibrations, poussières

* potentiellement mortels ou générateurs de handicap immédiat



5.2. Ponts métalliques

TRAVAUX LES PLUS COURANTS	RISQUES PRÉPONDÉRANTS *	PRÉVENTION DES RISQUES PRÉPONDÉRANTS	AUTRES RISQUES
Travaux sur le tablier			
Mise en place du tablier neuf	<ul style="list-style-type: none"> Levage à la grue mobile 	<ul style="list-style-type: none"> Remorques véritables plutôt qu'une grue Examen d'adéquation des appareils et appareils de levage et vérifications réglementaires Formation/habilitation à la conduite 	<ul style="list-style-type: none"> Chute de hauteur : plan de travail constitué par l'ancien tablier Platelage complet en sous-face du tablier
Évacuation de l'ancien tablier	<ul style="list-style-type: none"> Levage à la grue mobile 	<ul style="list-style-type: none"> Pont roulant sur le tablier neuf ou sur les câbles plutôt qu'une grue Examen d'adéquation des appareils et appareils de levage et vérifications réglementaires Évacuation par voie fluviale sur barges 	<ul style="list-style-type: none"> Chute de hauteur : Platelage complet en sous-face du tablier Découpe de métal revêtu de peinture au plomb Décapage préalable de la zone de découpe par une entreprise spécialisée
Soudure ou oxycoupage	<ul style="list-style-type: none"> UV atteinte oculaire Produits chauds : brûlure incendie Vapeurs de soudage 	<ul style="list-style-type: none"> Protection oculaire par verre fumé. Vêtements de cuir ou ignifugés, extincteurs Heaume équipé de ventilation assistée avec cartouche filtrante pour la protection respiratoire 	<ul style="list-style-type: none"> Postures défavorables
Pose de rivets à chaud	<ul style="list-style-type: none"> UV atteinte oculaire Produits chauds : brûlure incendie 	<ul style="list-style-type: none"> Protection oculaire par verre fumé Vêtements de cuir, extincteurs 	<ul style="list-style-type: none"> Postures défavorables
Travaux sur le hourdis			
Démolition du hourdis en béton	<ul style="list-style-type: none"> Travail en hauteur Manutention à la grue Travail au-dessus de l'eau 	<ul style="list-style-type: none"> Chute de hauteur : platelage complet en sous face du pont Pont roulant prenant appui sur la charpente neuve Examen d'adéquation des appareils et appareils de levage et vérifications réglementaires Risque de noyade : embarcation, bouée, gilets de sauvetage, dispositif d'alerte sonore 	<ul style="list-style-type: none"> Renversement Sciage du béton : bruit
Démolition du hourdis en voûtains de maçonnerie	<ul style="list-style-type: none"> Travail en hauteur Engin de terrassement Travail au-dessus de l'eau 	<ul style="list-style-type: none"> Platelage complet en sous-face du pont Systèmes de détection des piétons pour éviter le heurt Risque de noyade : embarcation, bouée, gilets de sauvetage, dispositif d'alerte sonore 	<ul style="list-style-type: none"> Bruit
Pose de hourdis préfabriqué en béton	<ul style="list-style-type: none"> Manutention à la grue 	<ul style="list-style-type: none"> Examen d'adéquation des appareils et appareils de levage et vérifications réglementaires 	

TRAVAUX LES PLUS COURANTS	RISQUES PRÉPONDERANTS *	PRÉVENTION DES RISQUES PRÉPONDERANTS	AUTRES RISQUES
Travaux sur les pylônes			
Accès en tête des pylônes	<ul style="list-style-type: none"> Travail en hauteur : risque de chute de hauteur 	<ul style="list-style-type: none"> Ascenseur de chantier Plateforme ou échafaudage en tête des pylônes 	<ul style="list-style-type: none"> Pénibilité de l'accès prévenue par l'ascenseur
Renforcement des pylônes par rajout ou changement de membrures	<ul style="list-style-type: none"> Travail en hauteur : risque de chute de hauteur Utilisation de palans /treuils Retombée de la charge Fouettement de câble 	<ul style="list-style-type: none"> Plateforme ou échafaudage conformes, vérifications réglementaires Examen d'adéquation des appareils et appareils de levage et vérifications réglementaires risques Rivetage ou soudage voir plus haut 	<ul style="list-style-type: none"> Soudure ou oxycoupage Décapage préalable par une entreprise spécialisée
Passage d'un pylône à l'autre	<ul style="list-style-type: none"> Travail en hauteur 	<ul style="list-style-type: none"> Risque de chute de hauteur Passerelle type pont de singe 	
Travaux sur les haubans			
Accès aux ancrages en sous-face du tablier	<ul style="list-style-type: none"> Travail en hauteur : risque de chute de hauteur 	<ul style="list-style-type: none"> Suivant les configurations : échafaudage construit en bordure de tablier. Passerelle suspendue pour plusieurs ancrages. PEMP automotrice <p>Nota : les haubans empêchent l'utilisation de nacelle négative</p>	
Accès aux ancrages en tête des haubans	<ul style="list-style-type: none"> Travail en hauteur : risque de chute de hauteur 	<ul style="list-style-type: none"> Échafaudage type multidirectionnel permettant l'accès aux ancrages Plans d'échafaudages, vérifications d'échafaudages 	
Mise en place de coquilles de protection PEHD ou de haubans neufs	<ul style="list-style-type: none"> Travail en hauteur : risque de chute de hauteur 	<ul style="list-style-type: none"> Pour le guidage du hauban et assemblage des coques PEHD, traction de hauban ou de coquille PEHD Échafaudage type multidirectionnel, plans d'échafaudages, vérifications d'échafaudages Rupture et fouettement du câble de treuil, arrêt de traction pour tout frein imprévu Examen d'adéquation du treuil et vérifications du treuil 	
Travaux sur les câbles de suspension			
Passage d'un pylône à l'autre	<ul style="list-style-type: none"> Chute de hauteur 	<ul style="list-style-type: none"> Passerelle type pont de singe 	
Haubanage provisoire	<ul style="list-style-type: none"> Ruine de l'ouvrage 	<ul style="list-style-type: none"> Tension des câbles contrôlée par vérin 	



TRAVAUX LES PLUS COURANTS	RISQUES PRÉPONDÉRANTS *	PRÉVENTION DES RISQUES PRÉPONDÉRANTS	AUTRES RISQUES
Décapage et remise en peinture			
Enceinte de confinement	<ul style="list-style-type: none"> Travail en hauteur, risque de chute de hauteur 	<ul style="list-style-type: none"> Risque de chute de hauteur Échafaudage type multidirectionnel Plans d'échafaudages, vérifications d'échafaudages 	
Mise en dépression	<ul style="list-style-type: none"> Pollution par suite d'un défaut du confinement sous dépression 	<ul style="list-style-type: none"> Calcul de débit de mise en dépression Vérification au test de fumée Mesure de la dépression et alerte en dessous d'un seuil Alimentation électrique sécurisée 	
Sas d'accès	<ul style="list-style-type: none"> Pollution par suite d'un défaut d'utilisation des sas 	<ul style="list-style-type: none"> Respect des procédures d'habillage et déshabillage 	
Travail de grenailage dans l'enceinte confinée	<ul style="list-style-type: none"> Plomb : risque de plombémie au-delà des seuils réglementaires 	<ul style="list-style-type: none"> Protection individuelle respiratoire et hygiène corporelle Respect des procédures d'habillage et déshabillage Surveillance médicale 	

* potentiellement mortels ou générateurs de handicap immédiat

5.3. Ponts en béton

Démolition reconstruction			
Sciage et carottage du béton	<ul style="list-style-type: none"> Risque de blessures avec les scies ou les fils de découpe 	<ul style="list-style-type: none"> Capots de protection ou éloignement du personnel 	<ul style="list-style-type: none"> Protections auditives contre le bruit Protections respiratoires contre les poussières de silice
Évacuation des tronçons de tablier et de piles	<ul style="list-style-type: none"> Manutention mécanique rupture d'appareil ou d'appareils, renversement d'appareil de levage Risque de contact avec des réseaux électriques aériens, électrocution 	<ul style="list-style-type: none"> Examen d'adéquation des appareils et appareils de levage et vérifications réglementaires Consignation des réseaux électriques ou respect des distances de sécurité 	
Coffrage ferrailage et coulage de nouveaux appuis	<ul style="list-style-type: none"> Réalisation de coffrages bois : utilisation de scies sectionnement, travail en hauteur, utilisation d'échafaudage, de coffrages Risque de chute 	<ul style="list-style-type: none"> Capots de protection, coupeur diviseurs etc. Échafaudages et coffrages conformes (moyens d'accès, stabilisation, garde-corps) 	<ul style="list-style-type: none"> Protections auditives contre le bruit Huiles de démoulage non nocives
Pose des poutres du nouveau tablier	<ul style="list-style-type: none"> Manutention mécanique, rupture d'appareil ou d'appareils, renversement d'appareil de levage Risque de contact avec des réseaux électriques aériens, électrocution 	<ul style="list-style-type: none"> Examen d'adéquation des appareils et appareils de levage et vérifications réglementaires Consignation des réseaux électriques ou respect des distances de sécurité 	<ul style="list-style-type: none"> Bruit, vibrations, Risque chimique

TRAVAUX LES PLUS COURANTS	RISQUES PRÉPONDÉRANTS *	PRÉVENTION DES RISQUES PRÉPONDÉRANTS	AUTRES RISQUES
Renforcement par précontrainte additionnelle			
Travail en hauteur	<ul style="list-style-type: none"> Risque de chute de hauteur depuis le poste de travail ou lors de l'accès 	<ul style="list-style-type: none"> Échafaudages, PEMP plate-formes ou plans de travail conformes 	
Travail au-dessus de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> Travaux fluviaux sur barge : risque de noyade 	<ul style="list-style-type: none"> Gilets de sauvetage en cas de chute à l'eau, moyens de secours : embarcation, bouée 	
Carottage des âmes de poutre pour placer des barres Diwidag de fixation	<ul style="list-style-type: none"> Risque de blessures avec les carotteuses 	<ul style="list-style-type: none"> Capots de protection des pièces tournantes, éloignement du personnel et pilotage à distance 	<ul style="list-style-type: none"> Protections auditives contre le Bruit Protections respiratoires contre les poussières de silice
Création de bossages déviateurs	<ul style="list-style-type: none"> Coffrage bois : risque de sectionnement par scie Travail en hauteur : risque de chute 	<ul style="list-style-type: none"> Équipement des scies par couteau diviseur et protecteur de lame Établis pour la découpe avec scie portative. Plans d'échafaudages, conformité d'échafaudages et vérifications 	<ul style="list-style-type: none"> Bruit, vibrations Poussières de bois
Renforcement par précontrainte additionnelle			
Renfort des talons de poutre	<ul style="list-style-type: none"> Travail en hauteur : risque de chute Forage de trous pour les aciers Scellement résine époxy 	<ul style="list-style-type: none"> Plans d'échafaudages, vérifications d'échafaudages Risque électrique, protection différentielle haute sensibilité Protection de la peau contre la résine par des gants combinaison et visière 	<ul style="list-style-type: none"> Bruit, vibrations Poussières de silice.
Mise en place des gaines et torons	<ul style="list-style-type: none"> Triage par treuil : risque de fouettement 	<ul style="list-style-type: none"> Vérification des treuils, commande à distance limiteur de charge sur le treuil 	
Mise en tension de la précontrainte	<ul style="list-style-type: none"> Manutention des vérins Risque de rupture de torons 	<ul style="list-style-type: none"> Opérations sous le contrôle d'un chargé des opérations de précontrainte Manutention mécanique des vérins, vérifications des appareils et appareils de levage Vérification de la course et de la pression des vérins 	
Réparation des bétons altérés par la corrosion			
Purge du béton altéré détournement des aciers	<ul style="list-style-type: none"> Travail en hauteur : risques de chute et /ou de noyade 	<ul style="list-style-type: none"> Plans d'échafaudages, vérifications d'échafaudages Travail sur corde : formation et matériel conforme Travail à la nacelle formation et matériel conforme Gilets de sauvetage en cas de chute à l'eau, moyens de secours, embarcation et bouée 	<ul style="list-style-type: none"> Burinage mécanique, outils à main
Reconstitution de l'enrobage par mortier	<ul style="list-style-type: none"> Cf ci-dessus 	<ul style="list-style-type: none"> Cf ci-dessus 	<ul style="list-style-type: none"> Mortier agressif pour la peau, port de gants



TRAVAUX LES PLUS COURANTS	RISQUES PRÉPONDÉRANTS *	PRÉVENTION DES RISQUES PRÉPONDÉRANTS	AUTRES RISQUES
Vérinage du tablier			
Mise en place de berceaux ou de corbeaux	<ul style="list-style-type: none"> • Manutentions mécaniques et manuelles • Risque de chute 	<ul style="list-style-type: none"> • Plans d'échafaudages, vérifications d'échafaudages • Travail à la nacelle : formation et matériel conforme • Manutention mécanique des berceaux • Vérifications des appareils et appareils de levage 	
Reconstruction des bossages d'appuis	<ul style="list-style-type: none"> • Coffrage bois : risque de sectionnement par scie • Travail en hauteur : risque de chute 	<ul style="list-style-type: none"> • Équipement des scies par couteau diviseur et protecteur de lame • Établis pour la découpe avec scie portative. • Plans d'échafaudages, vérifications d'échafaudages. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bruit, vibrations • Poussières de bois

* potentiellement mortels ou générateurs de handicap immédiat

ANNEXES

ANNEXE 1

Documents de référence

ANNEXE 2

Juridique

▼ ANNEXE 1 - DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

LES GUIDES DU STRRES

<http://www.strres.org/>

Les guides du STRRES sont une référence dans la profession. Ils donnent les différentes règles techniques à respecter pour obtenir des réparations conformes, de qualité et par conséquent durables :

- **GUIDE 0** - Introduction commune à tous les guides
- **Guide FAFO 1 V2** - Réparation et renforcement des fondations
- **Guide FABEM 1** - Reprise des bétons dégradés
- **Guide FABEM 2** - Traitement des fissures par calfeutrement, pontage et protection localisée création d'un joint de dilatation
- **Guide FABEM 3** - Traitements des fissures par injection
- **Guide FABEM 6.1** - Réparation et renforcement des maçonneries : généralités et préparation des travaux
- **Guide FABEM 6.2** - Réparation et renforcement des maçonneries : réparation non-structurale
- **Guide FABEM 6.3** - Réparation et renforcement des maçonneries : réparation et renforcement structuraux
- **Guide FABEM 6.4** - Réparation et renforcement des maçonneries : annexes
- **Guide FABEM 7** - Réparation et renforcement des structures par armatures passives additionnelles
- **Guide FABEM 8** - Réparation et renforcement des structures par précontrainte additionnelle
- **Guide FAME 1** - Réparation et rénovation des structures métalliques
- **Guide FAME 2** - Protection des ouvrages métalliques

LES DOCUMENTS DU CEREMA

<https://www.cerema.fr/fr>

- **Instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art (ITSEOA) - Fascicule 5 | Conduite d'une intervention sur un ouvrage d'art existant**
- **Ponts et murs communaux - Apprendre à les gérer**

LES DOCUMENTS DE L'IMGC

<https://imgc.fr/>

- **Le référentiel de l'ingénierie de la maintenance**

<https://imgc.fr/wp-content/uploads/2023/07/publication-imgc-referentiel-2023.pdf>

LES DOCUMENTS DE L'AFGC

<https://www.afgc.asso.fr/>

- **Évaluation structurale et conception de réparation des ouvrages d'art en maçonnerie**

LE MONITEUR

<https://www.lemoniteur.fr/article/ouvrages-d-art-en-maconnerie.1172784>

- **Christian TRIDON et Gérard COLLE, « Des ponts élargis pour durer » paru dans Le Moniteur n° 5647 du 17 février 2012, p. 38.**

LES DOCUMENTS DU GEPI : SYNDICAT DE LA PEINTURE INDUSTRIELLE

<https://www.gepi.fr/>

- **Plaquette sur la prise en compte du risque plomb à l'intention des maîtres d'ouvrage**

<https://www.gepi.fr/files/gepi/ANNEXES/uploads/plaquettePlomb.pdf>

LE GUIDE DU SYNDICAT DES ENTREPRISES DE TRAVAUX MARITIMES ET FLUVIAUX (TRAMAF)

<https://www.tramaf.fr/>

- **Guide de sécurité des travaux nautiques**

<https://www.tramaf.fr/guide-securite/>

▼ ANNEXE 2 - JURIDIQUE

TRAVAIL EN HAUTEUR

- **Mesures générales de sécurité pour prévenir les chutes de personnes**
 - Articles R4534-3 à R4534-6 du Code du travail
- **Travaux réalisés à partir d'un plan de travail**
 - Articles R4323-58 à R4323-61 du Code du travail
- **Équipements pour le travail en hauteur**
 - Articles R4323-62 à R4323-64 du Code du travail
- **Travail, accès et circulation en hauteur**
 - Articles R4323-65 à R4323-68 du Code du travail
- **Échafaudages et plateformes**
 - Articles R4323-69 à 80 du Code du travail
- **Vérifications**
 - Articles R4323-23 à R4323-25 du Code du travail

LEVAGE

- **Appareils de levage**
 - Articles R4323-29 à 49, articles R4324-24 à R4324-29 et article R4534-109 du Code du travail. Arrêté du 1er mars 2004 sur la vérification des appareils de levage.

PLOMB

- Article R4412-149 du Code du travail
- Article R4412-152 du Code du travail
- Articles R4412-156 à R4412-160 du Code du travail

L'OPPBTP met à jour, dès que cela s'avère nécessaire, les documents mis à la disposition du public sur son site internet preventionbtp.fr. Néanmoins, certains d'entre eux peuvent être téléchargés et republiés par des sites tiers. Lorsque vous utilisez ces documents portant le logo OPPBTP, nous vous invitons à vérifier qu'ils constituent la dernière version à jour, l'OPPBTP n'étant pas responsable de l'utilisation qui peut être faite de documents obsolètes.

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'OPPBTP est illicite. Il en est de même pour la traduction, l'adaptation ou la transformation, l'arrangement ou la reproduction, par un art ou un procédé quelconque (article L. 122 du Code de la propriété intellectuelle). Cette représentation ou reproduction par quelque procédé que ce soit constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

© OPPBTP 2023

Réalisation : Sciences & Co

Crédits photos : Entreprise Baudin Châteauneuf (couverture)

Ce guide s'adresse aux maîtres d'ouvrages, maîtres d'œuvres et entreprises en charge de travaux de réparation des ponts. Les ponts en maçonnerie, métalliques et en béton sont abordés, en tenant compte de leur ordre historique d'apparition en France. Ce guide évoque également les travaux courants qui s'y rapportent, en particulier le renforcement des fondations, l'étanchéité, la réparation, le renforcement et la transformation des maçonneries, des structures métalliques et en béton. Un point est également fait sur le décapage de peintures anciennes contenant du plomb suivi de la remise en peinture.

Pour tous ces travaux, les risques les plus graves et les moyens de prévention couramment mis en œuvre sont détaillés. Concernant le risque de chutes de hauteur, il s'agira surtout des échafaudages spécifiques et des nacelles élévatrices en particulier négatives. Pour le levage des charges, les grues mobiles sont fréquentes, mais il ne faut pas oublier les autres moyens de levage qui répondent à des besoins particuliers. Enfin, le décapage des peintures au plomb fera appel à des confinements, des protections individuelles et un traitement des déchets appropriés. Plusieurs tableaux de synthèse en fin d'ouvrage peuvent guider les rédacteurs de plans particuliers de sécurité et de protection de la santé (PPSPS).

OPPBTP

Organisme Professionnel de Prévention
du Bâtiment et des Travaux Publics

**Retrouvez toutes les publications sur
preventionbtp.fr**

