



Le pont de Beaugency

Le pont de Beaugency et le donjon dit « Tour de César »

NDLR. Nos lecteurs ont beaucoup apprécié les articles « historiques » que nous avons publiés depuis quatre ans : Les chemins de Paris à Lyon, de l'ingénieur général Georges Reverdy, Les routes dans la Brie et la Champagne occidentale. Histoire et technique, de Jean Mesqui, ingénieur des Ponts et Chaussées et archéologue, Histoire des grandes liaisons françaises, de Georges Reverdy, Essai sur la naissance au XVI^e siècle du pont Neuf sur la Garonne à Toulouse, de René Lotte, ingénieur honoraire des TPE.

Nous allons poursuivre ces publications historiques avec des articles sur les anciens ponts en pierre construits avant le milieu du XVIII^e siècle. Dans ces articles, un premier texte, rédigé par Jean Mesqui, retracera l'histoire du pont depuis sa construction et un second texte, établi par les soins de la Direction départementale de l'Équipement ayant en charge l'ouvrage, traitera des réparations et de la maintenance du pont concerné. Nous commençons ce mois-ci cette série avec le pont de Beaugency.

Par ailleurs, nous publierons, dans un prochain numéro, l'article de René Lotte faisant suite à celui qui a paru en octobre, novembre et décembre 1981 sur la construction du pont Neuf de Toulouse. Ce nouvel article expose les travaux qui ont été faits entre 1937 et 1949 pour la sauvegarde et la conservation de ce pont. Nous espérons répondre ainsi aux souhaits de nos lecteurs et à leur goût pour l'Histoire.

Introduction

Rares sont en France les ponts datant du Moyen Âge, plus rares sont ceux de l'importance du pont de Beaugency sur la Loire.

Il ne reste malheureusement plus rien des anciennes fortifications du pont lui-même, mais quelques piles et arches ogivales ont pu être conservées jusqu'à nos jours. Ce sont celles-ci qui ont donné beaucoup d'inquiétudes aux responsables locaux entre 1978 et 1981.

Il fut même envisagé en 1979 d'abandonner cet ouvrage et de construire un pont neuf. Le département du Loiret, maître d'ouvrage, et la DDE, maître d'œuvre, se sont acharnés à le conserver.

Le présent article, après avoir rappelé les grands moments de ce vieux témoin du passé, décrit les principaux travaux réalisés, qui ont atteint l'objectif fixé, à savoir : la conservation et la remise en état de la partie la plus ancienne de l'ouvrage.

Cependant, une pile et deux voûtes ont dû être refaites entièrement suivant une configuration géométrique identique à la précédente afin de lui conserver son aspect extérieur.

Les grandes heures du pont de Beaugency

Jean MESQUI, IPC

Musée des Sciences et de l'Industrie
du Parc de La Villette

« Orléans, Beaugency, Notre-Dame-de-Cléry, Vendôme ! » C'est en bonne place que figure, dans ce refrain fameux qui célèbre la reconquête des pays de Loire sur les Anglais au XV^e siècle, la ville qui nous intéresse aujourd'hui. Beaugency, sa tour de César, son pont du Diable : autres temps autres légendes, celle de César édifiant le massif donjon quadrangulaire qui, en fait, date de la fin du XI^e siècle, celle du Diable, construisant le pont au prix de l'âme du premier passant, et la rouerie des hommes lui donnant celle... d'un chat.

Le pont sur la Loire à Beaugency est, en soi, un monument qui justifie la visite de la jolie ville, encore toute médiévale, bâtie sur les coteaux nord du fleuve ; car il est rare de trouver des ouvrages d'art à ce point chargés d'histoire événementielle, il est rare aussi d'en rencontrer d'aussi suivis par la sollicitude humaine.

Son histoire commence, modestement, au Moyen Âge : Beaugency ne fut pas, à l'inverse de Mâcon, dont nous traiterons dans un prochain article, une de ces cités gallo-romaines promises à devenir sièges d'un

comté carolingien, puis féodal. Sans doute ne faut-il pas écarter l'existence sur le site d'un domaine rural à l'époque gallo-romaine : l'étymologie en témoigne, mais, en tout état de cause, rien ne prouve pour autant que ce domaine rural ait nécessité l'édification d'un pont au travers de la Loire.

Né au Moyen Age, le pont sur la Loire a su conserver bien de ses ornements anciens jusqu'à nos jours ; mais la Loire ne le tient pas pour quitte et, année après année, tente de rogner ses bases et d'abattre ses puissantes piles. Nul étonnement alors qu'il figure ici au rang des premiers : car il a donné, tout récemment encore, l'occasion de grands chantiers de restauration, qui méritent d'être mieux connus.

Un château et un pont

Les premières mentions

C'est en 1160 seulement que le pont sur la Loire entre dans l'histoire : cette année-là, le seigneur de Beaugency fait don à l'abbaye Notre-Dame, située sur le coteau de Loire, d'une arche du pont, afin d'y implanter un moulin. Une autre arche sera cédée à la même abbaye en 1203 : c'était alors une coutume, pour les grands féodaux, de doter, par charité souvent intéressée, les abbayes de revenus sur les ponts, qu'il s'agisse de péages, ou de droits tels que celui d'avoir un moulin ou une pêcherie.

Depuis quand existait l'ouvrage ? Rien ne permet de répondre d'une façon certaine, sinon l'interprétation du contexte historique. Beaugency, situé entre les deux villes épiscopales de Blois et d'Orléans, ne contrôlait d'autre chemin antique important que l'ancienne voie romaine d'Orléans à Tours suivant la rive droite de Loire, voie qui, selon Jacques Soyer, spécialiste du réseau antique, n'était que de second ordre par rapport à la grande liaison de rive gauche. Des traversées de la Loire existaient dès l'époque romaine à Orléans, dès le tout début du XI^e siècle à Blois ; Orléans était, au Moyen Age, ville royale, Blois était ville comtale, alors que Beaugency n'était constituée que du fort château implanté au XI^e siècle par un seigneur assez riche pour édifier l'énorme donjon qui subsiste.

Dans ces conditions, le site de Beaugency ne put prendre de l'intérêt qu'avec l'implantation de ce personnage qui, sans atteindre le niveau social de ses puissants voisins, détenait une place de choix dans la hiérarchie féodale de la région : et, selon toute probabilité, le seigneur tenta de détourner grâce au pont sur la Loire le trafic de l'ancienne liaison romaine de Bourges à Châteaudun qui traversait la Loire sous l'antique oppidum celtique de Magdunum — Meung-sur-Loire. Il y parvint d'ailleurs assez bien, car Meung ne posséda un pont qu'à partir de 1207, sur l'initiative de l'évêque d'Orléans, alors seigneur du lieu.

En somme, c'est vraisemblablement dans le courant de la première moitié du XII^e siècle que le seigneur de Beaugency édifia le premier pont sur la Loire ; était-ce déjà le pont que nous voyons aujourd'hui ? Ici encore, aucune certitude historique : car, si l'on fait abstraction de l'archi-

tection, sur laquelle nous allons revenir, le premier indice inéluctable de l'existence d'un pont de pierre remonte... au XVII^e siècle. Aussi faut-il rester modeste : selon toute vraisemblance, à l'image de nombreux ouvrages contemporains, le pont de Loire était, au XII^e siècle, un pont de bois.

Après les premières mentions de 1160 et 1203, l'histoire se fait muette au sujet du pont. Les seigneurs de Beaugency vinrent à disparaître, remplacés au début du XIV^e siècle par les comtes de Blois, eux-mêmes remplacés à la fin du XIV^e siècle par les ducs d'Orléans. Ils percevaient un péage, qui couvrait les dépenses d'entretien du pont et de fortification du bourg ; mais quels travaux réalisèrent-ils ? Quels effets eurent les crues de Loire qui, au XV^e siècle, emportaient tour à tour tous les ponts de Loire, celle de 1430, ou celle de 1456 dont on sait qu'elle ruina tous les ouvrages de Gien à Nantes, hormis celui d'Orléans ?

Le pont médiéval et sa fortification

Il serait vain de tenter de répondre à cette question si l'on ne possédait pas plusieurs documents graphiques qui permettent de connaître l'état du pont dans le courant du XVII^e siècle, état sensiblement équivalent, nous allons le voir, à celui du Moyen Age : en premier lieu, une gravure de l'ingénieur du roi Claude Chastillon, datant des premières années du siècle et, en second lieu, un relevé de l'ingénieur Nicolas Poictevin, des années 1677-1681.

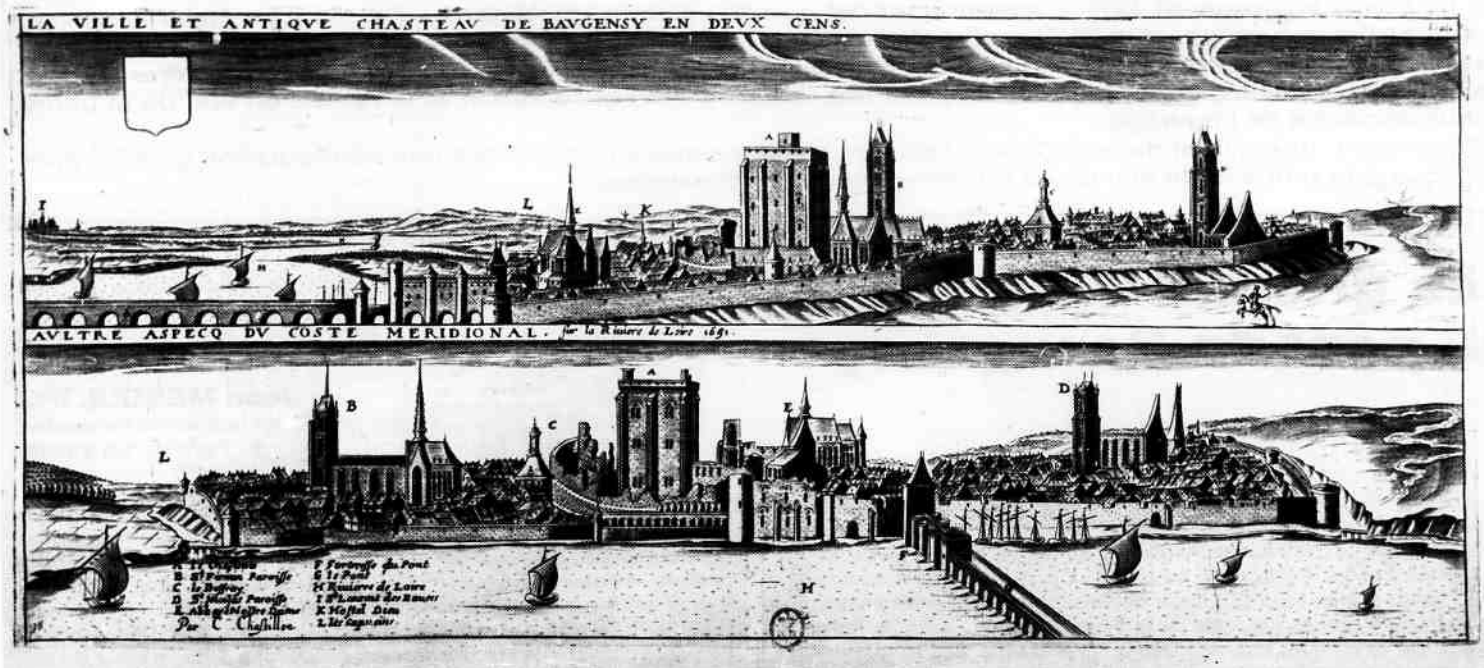
Le pont y est figuré comme un très long ouvrage, partant en rive droite de l'enceinte de Beaugency, aboutissant après dix-neuf arches sur une île en Loire, protégée des eaux par des murs de quai ; de l'île, un pont de plus petite taille rejoint la rive gauche. Les quatre premières arches portent une massive fortification : après la porte de l'enceinte urbaine, les piles 0, 1, 2 et 3 supportent, en effet, des tours circulaires à l'amont, dont une contient la chapelle Saint-Jacques, et les tympans des arches sont prolongés par des courtines crénelées, l'arche 3 étant interrompue par un pont-levis.

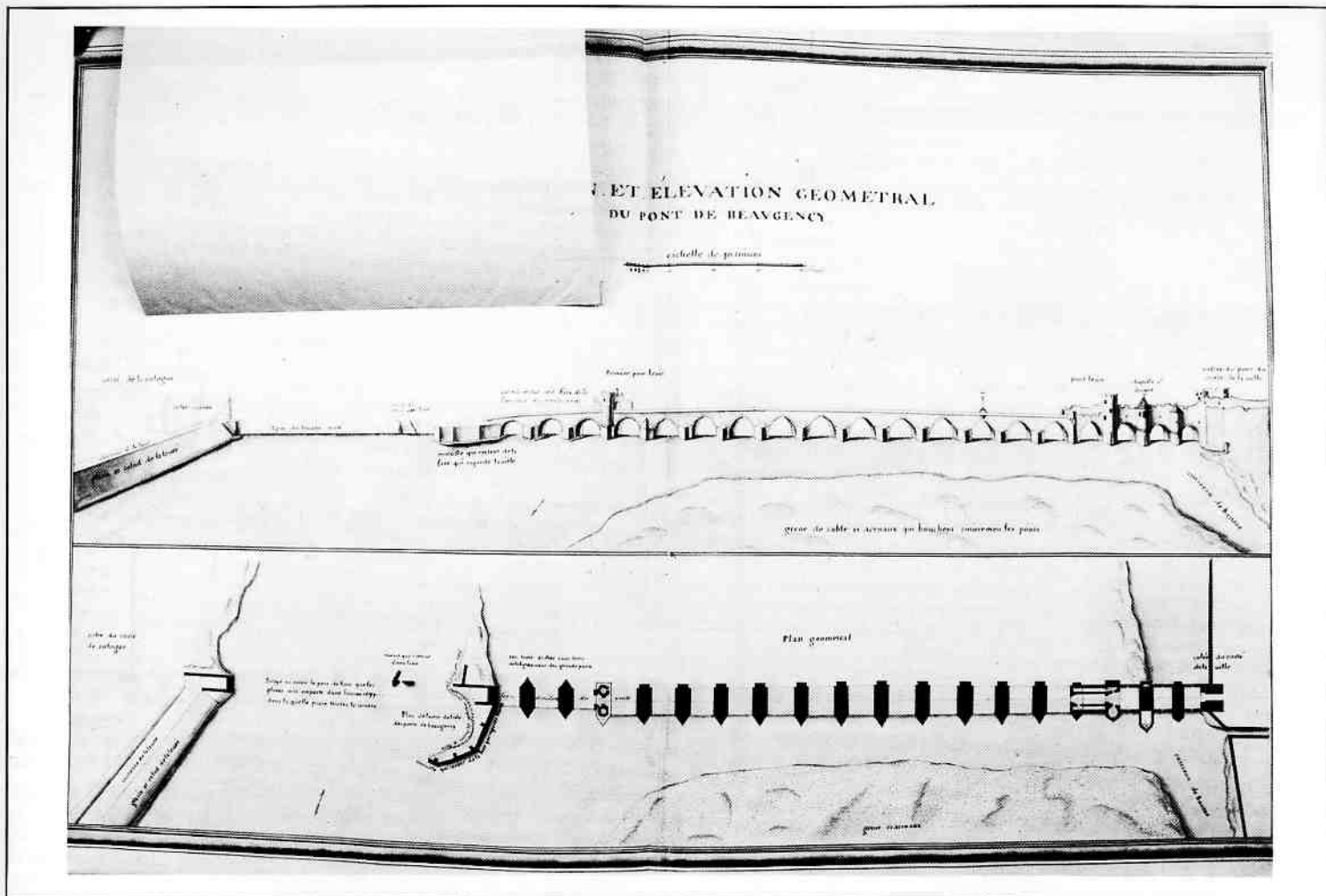
Extraordinaires défenses que celles-ci car, s'il n'est pas rare de trouver au Moyen Age des fortifications sur les ponts, celles de Beaugency constituent véritablement un châlelet susceptible d'une défense totalement indépendante : à notre connaissance, il n'en existe pas d'équivalent en France, la majorité des ponts étant plus généralement défendue par des ouvrages en tête de pont moins coûteux à implanter.

L'arche 0, la première, est en plein cintre ; suivent quinze arches brisées, séparées par des avant-becs triangulaires sans chaperons, et des arrière-becs rectangulaires à peine saillants, qui jouent un simple rôle de contrefort. Et l'on tombe à nouveau sur une défense, solide tour-porte implantée sur la pile 14. Après celle-ci, le relevé de Poictevin marque très nettement une solution de continuité, puisque les trois arches qui suivent sont en plein cintre, plus étroites que les arches précédentes, et au demeurant dans un autre alignement : ces trois arches assurent la transition avec l'île. Au-delà de celle-ci, Poictevin ne représente plus que la ruine survenue après la crue catastrophique de 1677.

En définitive, la partie médiévale semble donc être constituée par les arches 0 à 14, soient seize arches dont quinze sont brisées. De ces arches, dix nous sont parvenues sans notable altération (arches 1 à 3, 8 à 14) : appareillées en belles pierres de taille sur leurs tympans, leurs

Le pont et la ville de Beaugency par Claude Chastillon, ingénieur du roi (Archives photographiques Paris)





Le pont de Beaugency en 1677, par Nicolas Poictevin, ingénieur du roi (cl. *Inventaire général*, J.-C. Jacques)

voûtes sont réalisées en moellons, et elles reposent sur de puissantes piles dont certaines sont fondées sur pieux de bois fichés dans le calcaire, et d'autres, comme la pile 9 reconstruite en 1979, reposent directement sur le banc marneux.

La facture de ces arches brisées exclut une attribution antérieure au XIII^e siècle ; elle rend possible une datation comprise entre le XIII^e et le XV^e siècle. L'ouverture relativement faible des arches (de 9 à 10 m), fait pencher pour une réalisation plutôt ancienne, en tout cas antérieure au XV^e siècle : à cette époque, en effet, l'expérience conduisait les constructeurs, comme ceux du pont d'Orléans, à agrandir l'ouverture des arches pour éviter les désastres entraînés par les crues. On doit souligner la remarquable homogénéité de cet ouvrage médiéval ; piles d'un type architectural uniforme, d'une épaisseur de 6,40 à 7,20 m, hormis les piles 0, 1, 2 et 3 qui, supportant des tours, avaient des éperons en accolade, arches identiques les unes aux autres, variant très peu dans leurs dimensions. Cette homogénéité est assez peu fréquente pour les ponts médiévaux, et elle témoigne de la rapidité avec laquelle fut édifié l'ouvrage, ainsi que de l'existence d'un financement important, nécessaire pour une telle campagne ramassée dans le temps : ces considérations amènent à penser que le pont fut édifié lors du passage de la seigneurie dans la main de féodaux de haut niveau social, vraisemblablement au début du XIV^e siècle.

Quoi qu'il en soit, le pont médiéval de Beaugency est un bel exemple d'ouvrage « multi-fonctions » : essentiellement destiné à la circulation, il est aussi organe de fortification, en l'occurrence un véritable fortin autonome, et il abrite, en outre, un lieu de culte, la chapelle Saint-Jacques. Remarquons, à propos de celle-ci, que les chapelles de ponts étaient très souvent placées sous le patronage de saint Nicolas, patron des navigateurs ; mais ceci n'excluait pas le patronage d'autres saints, tels que, justement, saint Jacques, patron des voyageurs et des pèlerins.

L'ère des remaniements

Le pont aux XVII^e et XVIII^e siècles

Lorsque l'ingénieur Poictevin fit, vers 1677, le relevé de l'ouvrage, celui-ci venait de subir une terrible attaque : le pont de bois reliant l'île à

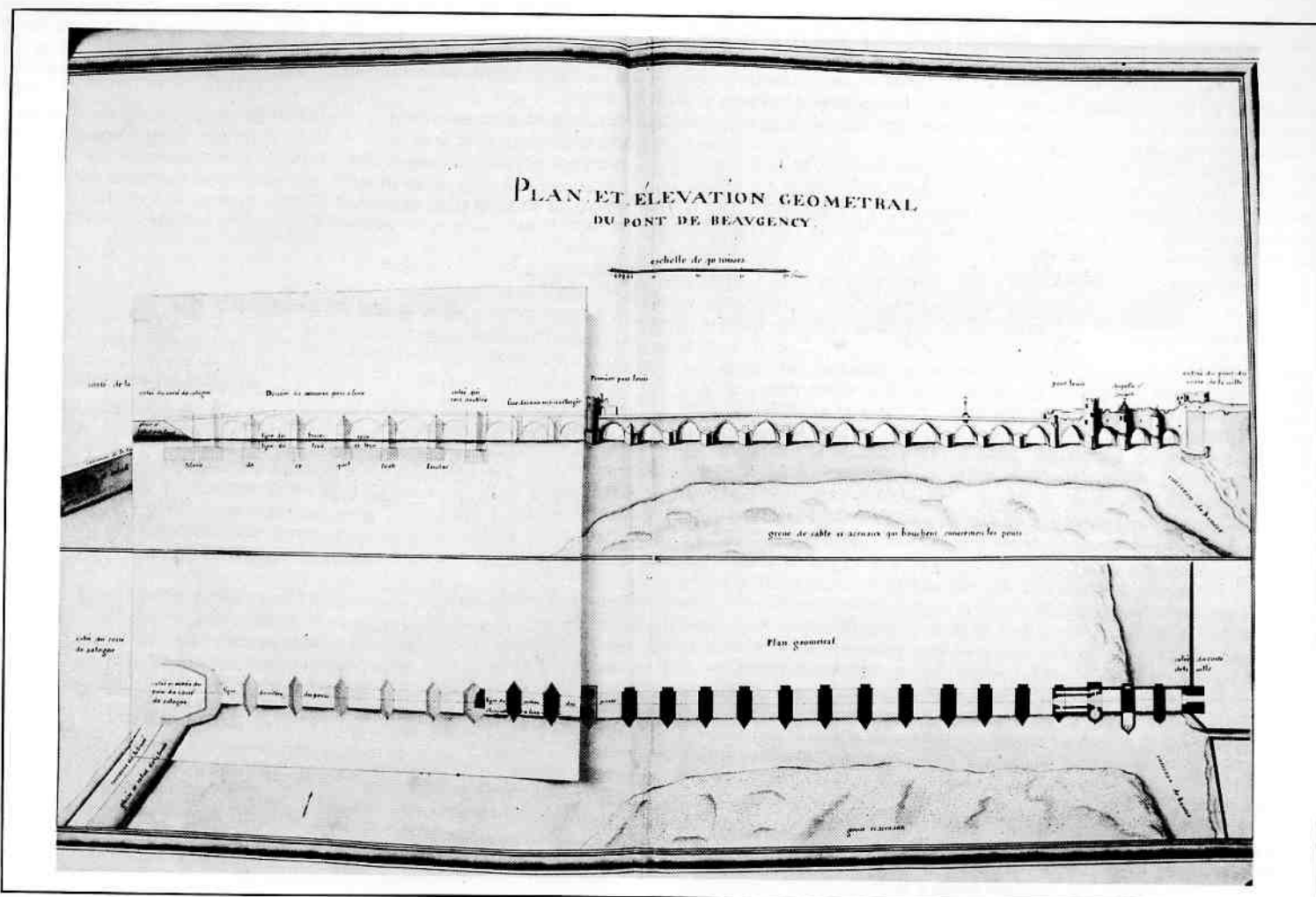
la rive gauche et la moitié de cette île avaient été emportés par une crue de la Loire. Depuis le Moyen Âge, le pont avait été, en effet, sensiblement remodelé : trois arches s'étaient édifiées au-delà de l'ancienne tour-porte pour relier celle-ci à cet îlot sableux qui n'existait vraisemblablement pas au Moyen Âge. Il est probable que le lit de la Loire subit d'importantes modifications après le XV^e siècle, se déplaçant progressivement vers le sud et créant un nouveau bras en laissant émerger l'îlot, qu'il fallut parermenter entièrement par des murs de quai fondés sur pieux pour le maintenir.

De tels déplacements de lit étaient fréquents pour la Loire, et ils obligeaient à de considérables remaniements des anciens ouvrages : ainsi, à Nevers, à la fin du XVI^e siècle, tous les moyens furent employés pour tenter de maintenir le fleuve dans son ancien lit et, en désespoir de cause, on dut construire au début du XVII^e siècle un nouveau pont en prolongement du pont initial. De même, à La Charité-sur-Loire, le pont édifié au début du XVI^e siècle ne suffisait pas, dès la fin du siècle, et il fut prolongé par quelques arches neuves au début du siècle suivant. On peut admettre qu'il en fut de même à Beaugency où, selon toute probabilité, les nouvelles dispositions furent prises dans le courant du XVII^e siècle, après l'une des crues de 1624, 1649 ou 1652.

En 1669, les Ponts et Chaussées, tout fraîchement renés grâce à Colbert, firent mener des travaux importants, pour trente-quatre mille livres, peut-être justement à cette partie nouvelle de l'ouvrage. La crue de 1677 en eut raison ; et, en 1681, l'ingénieur Poictevin, après avoir visité le pont, proposa un projet de restauration consistant à supprimer l'île et à remplacer l'ancien pont de bois par un pont de pierre à six arches. Le tout, malgré un raccourcissement du pont, devait conduire à une augmentation de son débouché ; et, par ailleurs, Poictevin proposait d'élargir et de remettre en alignement les trois arches 15, 16 et 17.

Pour financer ces travaux estimés à quarante-cinq mille livres, Colbert, submergé par les réparations à effectuer après les crues catastrophiques de 1677 dans tout le Val de Loire, préconisa à son Intendant à Orléans de percevoir un droit de passage sur le bac, comme ceci avait été pratiqué pour restaurer les ponts de Tours et Les Ponts-de-Cé. Et, de fait, la reconstruction fut menée et terminée avant 1685 : on en voit encore la trace, bien modeste, dans l'élargissement amont des arches 15 et 16, d'ailleurs réalisé sans beauté par arrachage des anciens tympans, collage de voûtains en briques, et reparamentage.

Malgré tout son savoir technique, Poictevin ne réalisa cette fois qu'un



Le pont de Beaugency : projet de restauration par Nicolas Poictevin (cl. *Inventaire général*, J.-C. Jacques)

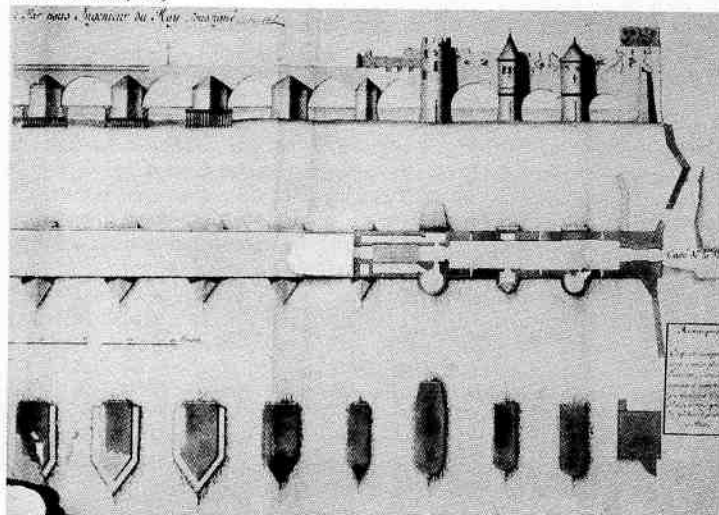
ouvrage de médiocre qualité technique ; en 1710, il fut pratiquement réduit à néant par une nouvelle crue. Les observations faites il y a quarante ans sur les piles 19 et 21, avant leur reconstruction, prouvent en effet que celles-ci, fondées sur des pieux en bois non fichés dans le banc calcaire, et mal protégées par des crèches insuffisantes, se couchèrent, entraînant la rupture des arches neuves à l'exception de l'arche 22, qui s'ouvrit, et de l'arche 26, la dernière. Mais, outre cette rupture du pont neuf, le pont médiéval eut également à souffrir des crues, puisque les arches 6 et 7 furent également emportées.

Un ambitieux projet de reconstruction fut alors conçu pour le pont de Poictevin ; mais l'impécuniosité conduisit à une plus grande modestie. A nouveau, l'on recourut à la formule du droit de bac ; à partir de 1719, les arches rompues du pont neuf furent remplacées par des travées de bois,

alors qu'on remaniait tant bien que mal les piles affaissées en les réparant à la verticale et, avant 1725, les deux arches du pont médiéval furent reconstruites, cette fois en pierre.

Ainsi le pont se trouvait-il dans un curieux état, avec ses fortifications, ses belles arches en pierre médiévale, auxquelles s'ajoutaient des arches du début du XVII^e siècle remaniées, d'autres de la fin de ce siècle, d'autres encore du début du XVIII^e siècle et, enfin, des travées de bois sur piles de pierre. Des restaurations furent menées, pour des sommes d'une trentaine de milliers de livres, en 1731 et 1766 ; et, en 1766, l'ingénieur en chef Roger préconisa de détruire les anciennes fortifications qui n'avaient plus de raison d'être et gênaient la circulation. Ce fut chose faite l'année suivante.

Les fortifications du pont en 1725, par l'ingénieur Desroches (cl. *Inventaire général*, J.-C. Jacques)

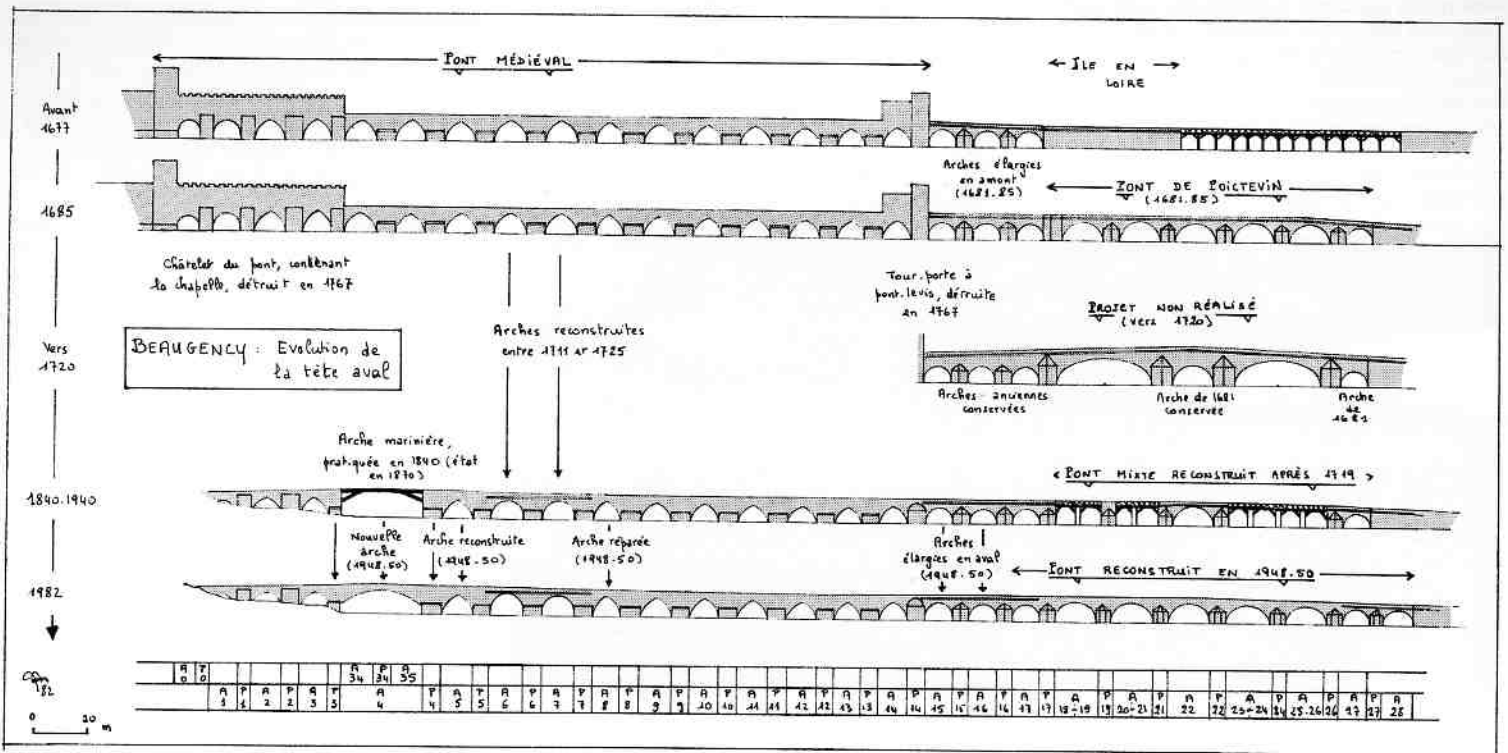


Destruction et reconstruction aux XIX^e et XX^e siècles

Déjà en proie aux attaques du fleuve, le pont dut bientôt compter avec les usagers de celui-ci : comme à Mâcon, la navigation demandait des gabarits de plus en plus importants et, en 1840, on décida de remplacer les arches 34 et 35 par une seule arche métallique suspendue. Celle-ci, détruite pendant la guerre de 1870, fut alors remplacée par un arc métallique constitué par trois poutres. Des réparations étaient menées, de temps à autre, sur les anciennes arches de pierre, tout particulièrement sur celles qui avaient été élargies par Poictevin où l'on disposa des tirants pour maintenir les voûtains, mais aussi sur les travées de charpente.

L'apparition de la technique du béton armé, et sa diffusion au début de notre siècle furent la cause de nouveaux remaniements : en 1900, les anciennes travées de charpentes furent remplacées par des poutres en béton armé, construites par l'Entreprise Hennebique, bien connue pour son rôle dans la diffusion du nouveau procédé. De même les poutres de l'arche marinière furent enrobées de béton en 1909.

Le vieux « pont du Diable » faisait donc figure de curieux amalgame des techniques et des âges les plus divers, lorsqu'en 1944 un bombardement américain, suivi par un minage allemand, portèrent un des derniers coups à la structure. Deux arches médiévales furent atteintes, l'arche 5 et, dans une moindre mesure, l'arche 7 ; l'arche plus tardive 17 fut presque entièrement détruite et les travées de béton armé furent sévèrement atteintes. Aussi, après des travaux provisoires menés en 1944, une



Evolution du pont de Beaugency depuis le XVII^e siècle

grande campagne de restauration fut entreprise entre 1948 et 1950, fixant le pont dans son état actuel.

Le projet était, globalement, de restituer au pont un aspect homogène par reconstruction d'arches de béton armé avec placage de pierres de taille. L'arche marinrière fut ainsi reconstruite, les arches médiévales restaurées, les arches 15 et 16 élargies à l'aval; enfin, tout le reste de l'ouvrage, dans la partie sud, fut entièrement reconstruit sur de nouvelles piles, seule la pile 26 étant conservée.

Bien peu de visiteurs se doutent aujourd'hui que l'ouvrage a été aussi profondément remanié, si ce n'est par la taille des pierres, résolument différente dans les arches modernes; est-ce un avantage, ou aurait-on dû ne pas hésiter, comme le firent nos prédécesseurs, à juxtaposer crûment des techniques diverses, affirmant les anachronismes? La question se pose à chaque reconstruction de façon aiguë, comme l'ont prouvé,

tout récemment, les débats relatifs au pont de Tours, ou à la passerelle des Arts de Paris, et sa solution n'est pas évidente.

Un ouvrage exceptionnel

Quoi qu'il en soit, le pont de Beaugency n'en reste pas moins un ouvrage exceptionnel: exceptionnel par son histoire, exceptionnel aussi par le simple fait qu'il est, dans le bassin de la Loire moyenne, le seul pont qui conserve intactes des arches médiévales, prouvant que tous les ponts du Moyen Age n'étaient pas aussi fragiles qu'on le dit souvent. Mais, aujourd'hui comme hier, il mérite la sollicitude de ses gestionnaires, car ses arches médiévales ne sont pas à l'abri du fleuve et de son érosion: nous allons voir maintenant justement les effets d'une de ces attaques, et les remèdes qui y ont été apportés.

Le sauvetage du pont de Beaugency

Une inspection détaillée en juillet et septembre 1978 a permis de mettre en évidence, d'une part une circulation d'eau sous les piles 5, 6 et 15 et, d'autre part, des désordres dans la voûte de l'arche 15.

Compte tenu des risques encourus par l'ouvrage, il a été décidé de consolider immédiatement la pile 15 avant la période des hautes eaux.

Le principe retenu pour cette intervention était le suivant:

- exécution d'un batardeau autour de la pile,
- déblaiement des matériaux instables,
- injection de microbéton,
- injection de coulis ou de mortier pour combler les vides restants,
- recépage du batardeau sous le niveau de l'eau,

- remise en place des enrochements de protection autour de la pile.

A la fin du mois de novembre, alors que les deux tiers de la longueur du rideau de palplanches avaient été battus sans incident, des fissures se sont ouvertes, notamment à la naissance des voûtes de cette pile.

Compte tenu des risques de rupture de l'ouvrage sous son propre poids, la circulation fut immédiatement interrompue et les travaux arrêtés.

Il a été décidé d'améliorer la stabilité de l'appui instable en comblant, par injection de mortier puis de coulis de ciment, les vides existant entre le soubassement de l'appui et le sol de fondation, après avoir réalisé un coffrage sommaire à l'aide de palpeuilles dans la partie où les palplanches n'avaient pas encore été battues.

Gilles TESSIER, ICPC
Directeur départemental de l'Équipement du Loiret

Vérification et traitement provisoire des fondations d'autres piles

Après l'apparition des désordres sur la pile 15, il a été décidé de faire effectuer des visites complémentaires d'abord sur les piles adjacentes à la pile 15, puis sur d'autres piles anciennes où des désordres avaient également été relevés (piles 13, 6 et 5). Des affouillements plus ou moins importants ayant été découverts, la Direction départementale de l'Équipement a décidé d'étendre, dès le 12 décembre 1978, la confortation de sécurité aux piles visitées.

Les sondages pressiométriques ayant montré que les matériaux constituant les fondations étaient en mesure de reprendre les charges, le processus de confortement suivant a été adopté:



Vue générale du chantier avec digue d'accès et de protection

- mise en place d'un coffrage en palfeuilles autour des margelles des piles à traiter, en prenant soin de ne pas désorganiser les enrochements,

- bétonnage entre ce coffrage et les margelles, pour parfaire l'étanchéité de l'ensemble,
- injection de mortier et coulis de ciment sous une pression de 2 bar pour combler les vides existant entre les soubassements de l'appui et le sol.

Ces travaux se sont poursuivis sans incident jusqu'au mois de février 1979, date à laquelle la hauteur des eaux de la Loire a nécessité leur interruption. Le pont a pu être réouvert à la circulation des véhicules légers le 28 février 1979.

Toutefois, afin d'assurer la sécurité des usagers, il a été décidé de poser des appareils d'observation au droit des appuis dont l'équilibre était réputé douteux, afin de pouvoir suivre l'évolution de l'ouvrage.

Trois types d'évolution ont été suivis :

- les rotations,
- les mouvements verticaux,
- l'ouverture des fissures.

Compte tenu de l'état de stabilité précaire de plusieurs piles dont les fondations n'avaient pas encore reçu une confortation provisoire (piles 13, 4, 7, 8, 9, 19, 11 et 12) la DDE en accord avec le LCPC a décidé d'entreprendre une campagne de remplissage d'une partie des vides existants sous les appuis des piles non traitées, à partir de la chaussée du pont, et ceci pour ne pas avoir à interrompre les travaux pendant les hautes eaux de la Loire. Les perforations et injections devaient être réalisées en maintenant la circulation sur l'une des deux voies du pont, les forages ont donc été exécutés par demi-chaussée à raison de trois forages de 13 m par demi-chaussée situés sur l'axe longitudinal des piles.

La pile 9

Le 14 juin 1979, alors que les injections en première phase avaient déjà été réalisées sans incident, sur les piles 7, 8 et 10, un tassement important a été enregistré sur la pile 9. Devant l'évolution continue du phénomène, il a été décidé de fermer le pont à la circulation et d'accélérer les injections pour essayer d'arrêter le tassement de cette pile.

100 m³ de mortier avaient été injectés à la

date du 21 juin 1979 dans les fondations de cette pile sans résurgence notable.

Afin de profiter d'une légère baisse de niveau de la Loire, il a été décidé d'entreprendre le ceinturage et les injections à partir des margelles. Ces travaux ont commencé le 23 juin et se sont poursuivis jusqu'au 13 juillet, date à laquelle 35 m³ supplémentaires avaient été injectés sous une pression de 2 bar.

Malgré cette tentative de sauvetage, le phénomène de tassement n'a pu être enrayeré à temps, il a même été confirmé par l'apparition de fissures dont l'une particulièrement importante allait d'amont en aval au niveau de la clé de voûte de l'arche 10.

Compte tenu de la gravité de la situation et des incidences économiques engendrées par la fermeture du pont à la circulation, la Direction départementale de l'Équipement avait étudié des

solutions lourdes de remplacement du pont actuel. Il fut finalement décidé de poursuivre les opérations de sauvetage du pont.

Confortement des fondations des piles 3, 4, 7, 8, 10, 11 et 12

Corrélativement aux travaux d'injection effectués sur la pile 9, des travaux identiques étaient entrepris à partir du haut du pont, puis à partir des margelles, sur les fondations des piles 3, 4, 7, 8, 10, 11 et 12. Ces travaux se sont déroulés sans incident, les quantités de mortier et coulis de ciment injectées représentaient 18 % du volume traité dans les fondations du XIV^e siècle et 8 % du volume traité dans les fondations des XVIII^e et XIX^e siècles.

Démolition et reconstruction de la pile 9 et des arches adjacentes

Le 27 juillet, la DDE, le SETRA, le LCPC et le CETE de Rouen ont étudié, sur la base d'un compte rendu, la visite des arches, leur reconstruction en éliminant, *a priori*, les projets de consolidation des voûtes existantes compte tenu de l'état de dislocation apparente des maçonneries (ressaut de 2 cm environ en clé de voûte 9-10, fissures transversales aux deux tiers de voûte côté pile 9, fissuration générale des tympans. Les mois d'août et septembre ont été consacrés par la DDE à déterminer la méthode la mieux adaptée à la démolition et à la reconstruction de la pile 9 et à ses arches adjacentes.

Trois solutions ont fait l'objet d'études comparatives approfondies :

- contre-voûte en béton armé,
- minage puis reconstruction,
- démolition sur cintre puis reconstruction.

Aucune des trois solutions envisagées, d'un coût pratiquement identique, ne présentait apparemment un avantage marqué sur les deux autres. Les solutions de type contre-voûte ou démolition par minage comportaient cependant davantage d'aléas vis-à-vis des crues de la Loire et du régalaage des matériaux. C'est donc finalement la solution démolition sur cintre qui fut retenue.

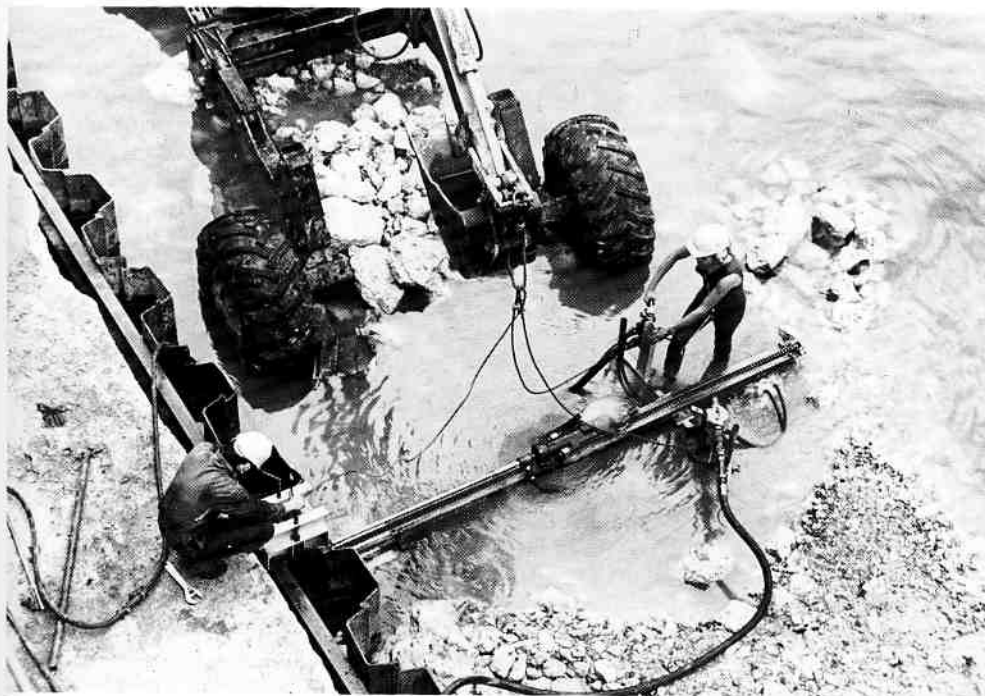
Les travaux proprement dits ont débuté à la

Batardeau





Vides sous la base d'un appui



Perforation avant mise en place d'un tirant d'ancrage

fin du mois de septembre 1979. Ils avaient été précédés d'un renforcement des appuis 8 et 10.

Afin de pouvoir travailler quel que soit le niveau des eaux de la Loire, l'entreprise a réalisé, dans un premier temps, un engagement extérieur unique autour des piles 8, 9 et 10.

Les cintres utilisés ont été des cintres en bois supportés par des échafaudages métalliques, eux-mêmes posés sur deux longrines en béton armé placées transversalement dans les passes 8-9 et 9-10, préalablement remblayées en calcaire. Les cintres étaient montés à l'extérieur de l'ouvrage et poussés sous les voûtes pour éviter tout risque d'accident.

Après démolition des arches 8-9 et 9-10 et de la partie supérieure de la pile 9, il a été procédé à un engagement complet des fondations des piles 8, 9 et 10.

Une injection de clavage dans les piles 8 et 10

est venue compléter le traitement et rendre massives les fondations de ces deux piles.

La démolition des maçonneries des piles 8 et 10 a permis de constater *de visu* l'efficacité du traitement d'injection.

La démolition de la pile 9 a montré, contre toute attente, qu'il n'existait à sa base aucun platelage ni pieux porteurs (seuls une vingtaine de pieux ayant vraisemblablement servi à la construction du pont ont été retrouvés) et qu'elle ne reposait que sur un mélange de blocage et de sable alluvionnaire.

Cette constatation a obligé le service de l'Equipement à reconsidérer son jugement sur le fonctionnement des fondations les plus anciennes qui, en définitive, ne doivent être constituées que d'un mélange de blocage et de sable alluvionnaire reposant sur un massif marneux.

Il a été décidé de reconstruire suivant une

configuration géométrique identique à la précédente afin de lui conserver son aspect antérieur.

En conséquence, la pile 9 a été fondée sur une semelle superficielle en béton armé coulée à plein batardeau. Des connecteurs placés sur les palplanches assurent la liaison avec la semelle.

La pile 9 a été construite en béton armé tout comme les chambres d'élégissement destinées à alléger la descente de charge au niveau des fondations. Les voûtes sont en béton armé avec bandeaux en pierres de taille, elles sont de forme ogivale. Les tympans sont constitués d'un mur en béton armé, présentant un fruit vers l'intérieur, sauf au droit des chambres d'élégissement. Ils ont été soigneusement raccordés avec le front de maçonneries non démolies et ont reçu un parement en maçonnerie de pierres de taille neuves de 15 cm d'épaisseur.

Ces travaux, malgré des conditions climatiques pas toujours favorables, ont été exécutés en un peu plus de quatre mois.

Afin de permettre le rétablissement de la circulation des piétons sur l'ouvrage pendant toute la durée des travaux de démolition et de reconstruction de la pile 9 et de ses deux arches adjacentes, il a été décidé de mettre rapidement en place une passerelle pour piétons située entre les piles 7 et 11.

Traitement confortatif définitif de l'ouvrage

Traitement du fût des piles anciennes

Ce traitement par injection a été préconisé par le laboratoire régional de l'Equipement de Blois en tant que complément indispensable au renforcement des fondations. En effet, pour assurer une répartition convenable sur les fondations des charges apportées par les voûtes, il était nécessaire de rendre monolithiques les fûts des piles à traiter. Un traitement par injection a donc été réalisé sur tous les fûts des piles anciennes du pont de Beaugency. Cette injection s'est faite en trois niveaux :

- une injection basse formant un masque à la partie inférieure,
- une injection haute formant un « toit »,
- et, en dernier lieu, une injection intermédiaire de blocage.

La hauteur traitée, qui correspondait au niveau atteint par les plus hautes eaux de la Loire, était de 3 m (cette injection a permis d'autre part de supprimer toute circulation d'eau dans la partie immergée des fûts des piles). Les quantités de coulis injectées ont représenté de 6 à 10 % du volume traité.

Certaines voûtes anciennes présentant des défauts de surface et des risques de chutes de pierres lors des travaux de battage, ont nécessité des réparations locales.

Fondations massives

Le bilan de la stabilité des appuis effectué par le laboratoire régional de l'Equipement de Blois montrait qu'il suffisait de reconstituer la fondation avec un matériau tel que la fondation soit en mesure de reprendre les charges transmises et assure la stabilité de la pile.

Les enrochements subsistants et les mortiers mis en œuvre pour combler les vides, comme nous l'avons vu, présentaient sans difficulté une compacité suffisante. Toutefois, pour assurer la pérennité du traitement, il était nécessaire de protéger l'ensemble du massif de fondations contre de nouveaux affouillements. Pour cela, on a réalisé sur le pourtour des fondations des piles anciennes une enceinte étanche et auto-stable constituée de palplanches Larsenn II s, ancrées dans les marnes au-delà des affouillements maximaux et solidarisées aux piles au moyen de liernes et de tirants d'ancrage. Une injection périphérique de clavage et un cachetage

supérieur en béton et enrochements maçonnés sont venus compléter ce traitement.

Un tassement progressif, dont l'amplitude maximale a atteint le centimètre, a été observé sur deux piles pendant les opérations de battage des palplanches. Un remplissage en béton de la souille ouverte pour la mise en fiche des palplanches a permis d'enrayer en quelques jours ce tassement.

Deux hypothèses ont été avancées pour tenter d'expliquer ce phénomène : il pourrait s'agir soit d'une décompression du sol au niveau des fondations suite à l'ouverture de la souille profonde de 2 m, tout autour de la pile, soit d'une décompression du sol due à la conjonction d'effets néfastes causés par les battages et vibrofonçages effectués parfois en même temps sur une même pile ou sur deux piles contiguës et qui auraient entraîné par vibration une partie du sol de fondation dans la fouille.

Ces observations ont conduit les services de l'Équipement à limiter le temps d'ouverture des souilles en comblant rapidement de béton le vide existant entre les palplanches mises en fiche et les margelles et à limiter les interventions simultanées par vibration.

Les travaux d'encagement des fondations interrompus suite aux crues d'octobre 1980 ont repris en juin 1981 et se sont terminés en octobre 1981. Le pont a pu être réouvert à toute circulation le 5 octobre 1981.

Les tympans et parapets de la partie ancienne de l'ouvrage étant soit déjointoyés soit complètement désorganisés (arches 10 à 13), il a été procédé à un démontage et remontage des parapets situés entre les arches 10 et 13 et au rejointoiement des tympans amont et aval de toute la partie ancienne du pont.

Coût des travaux

Comme nous l'avons écrit précédemment, la fermeture du pont de Beaugency à la circulation pénalisait l'économie de cette ville, il était donc nécessaire d'étudier dans les meilleurs délais des solutions de remplacement afin d'orienter les études. Le choix s'est finalement porté sur une solution de sauvetage du pont réalisée tel que décrit ci-dessus et qui s'avérait être la plus intéressante. Son coût s'est élevé à 27 250 000 F TTC, soit celui prévu dès l'été 1979.

Depuis l'effondrement soudain du pont de Tours au mois d'avril 1979, toute intervention sur un pont franchissant la Loire revêt rapidement un caractère passionnel. C'est donc dans un climat pesant que s'est déroulée l'opération de consolidation du pont de Beaugency, au début limitée à une seule pile et qui s'est étendue à l'ensemble de la partie ancienne de l'ouvrage, soit sur une longueur d'environ 330 m.

La relation des difficultés rencontrées sur cet ouvrage médiéval dépasse donc le strict cadre technique que nous nous sommes efforcés de décrire et nécessiterait des développements dans des domaines aussi variés que ceux de la gestion du risque, de l'information du public, des structures de décision tant politiques qu'administratives, et de l'économie.

Le maintien de la circulation aux usagers du pont, ou son rétablissement ont toujours constitué l'objectif à atteindre en priorité et ont conditionné les orientations dans le choix des solutions et des procédés permettant d'atteindre les objectifs retenus. Les techniques provisoires et définitives mises en œuvre au moment des études ou en cours de chantier ont fait partie du cheminement intellectuel d'abord, pratique ensuite, que nécessitait ce chantier particulièrement délicat et qui a pu être mené à bien, grâce d'une part à une bonne circulation des informations scientifiques et techniques entre les divers services de l'Administration, à la compétence et à la diligence des entreprises retenues pour réaliser les travaux, et d'autre part à la confiance faite à l'administration technique, la DDE, par le maître d'ouvrage, le département du Loiret, représenté par son conseil général et son président, et par son exécutif, le préfet de région, préfet du département du Loiret. Grâce à cette étroite collaboration, un précieux témoin de notre passé a pu être conservé.