

## REHABILITATION - AMENAGEMENT DU PONT SUR LA VIEILLE LOIRE A DECIZE



### Etudes préalables Diagnostic structurel

Référence					
ENTITE	PHASE	THEME	TYPE	NUM	IND
ING	EP1	OUV	NTE	0108	B



Fiche de révision					
Indice	Date	Sommaire des modifications	Rédaction	Vérification	Approbation
A	12/08/2020	1 <sup>ere</sup> diffusion	T BALLEET	R BOURGUET	JL MASSABIE
B	05/10/2020	Intégration des remarques MOa	T BALLEET	R BOURGUET	JL MASSABIE

Suivi des modifications																			
Page	Révisions				Page	Révisions				Page	Révisions				Page	Révisions			
	A	B	C	D		A	B	C	D		A	B	C	D		A	B	C	D
1	X				16	X				31					46				
2	X				17	X				32					47				
3	X				18	X				33					48				
4	X				19	X				34					49				
5	X				20	X	X			35					50				
6	X				21	X				36					51				
7	X	X			22	X				37					52				
8	X	X			23	X				38					53				
9	X				24	X				39					54				
10	X				25	X				40					55				
11	X				26	X				41					56				
12	X				27	X				42					57				
13	X				28					43					58				
14	X				29					44					59				
15	X				30					45					60				



## SOMMAIRE

---

<b>1</b>	<b>PREAMBULE</b>	<b>4</b>
1.1	Objet de la note	4
1.2	Documents de référence	4
<b>2</b>	<b>PRESENTATION DE L'OUVRAGE</b>	<b>5</b>
2.1	Localisation de l'ouvrage	5
2.2	Caractéristiques principales	5
2.3	Historique de l'ouvrage	6
<b>3</b>	<b>NATURE DES MATERIAUX DE CONSTRUCTION</b>	<b>7</b>
3.1	Voûte en pierre	7
3.2	Voûte 11 en rive gauche	7
<b>4</b>	<b>GEOMETRIE DE L'OUVRAGE</b>	<b>8</b>
4.1	Géométrie mesurée de l'ouvrage	8
4.2	Géométrie estimée de l'extrados de la structure de l'ouvrage	12
<b>5</b>	<b>SYNTHESE DES RESEAUX EN CONCESSIONS</b>	<b>14</b>
5.1	Préambule	14
5.2	Réseaux présents dans l'emprise de l'opération	16
5.3	Analyse préliminaire des Réseaux potentiellement impactés	17
<b>6</b>	<b>ANALYSE DES INSPECTIONS REALISEES</b>	<b>18</b>
6.1	Synthèse des Inspections subaquatiques de l'ouvrage	18
6.2	Synthèse des Inspections de l'ouvrage	19
6.3	Synthèses des désordres observés et de leur évolution	21
<b>7</b>	<b>DIAGNOSTIC STRUCTUREL</b>	<b>22</b>
7.1	Analyse du projet de réhabilitation de 2008	22
7.2	Structure de l'ouvrage	23
7.3	Equipements	23
7.4	Synthèse des principaux travaux de réhabilitation à envisager	28
<b>8</b>	<b>ANNEXES</b>	<b>30</b>
	<b>ANNEXE 1 – PLAN SCHEMATIQUE DES RESEAUX</b>	<b>31</b>
	<b>ANNEXE 2 – PLANS SCHEMATIQUES DE LA SYNTHESE DES DONNEES GEOMETRIQUES CONNUES ET ESTIMEES DE L'OUVRAGE</b>	<b>32</b>



## 1 PREAMBULE

---

### 1.1 OBJET DE LA NOTE

La présente note a pour objectif d'établir un diagnostic de l'état structurel de l'ouvrage en maçonnerie permettant le franchissement de la Vieille Loire à Decize (58300 – Nièvre) par la RD 978A.

### 1.2 DOCUMENTS DE REFERENCE

Les documents ayant servi de base à la rédaction de la présente note sont :

- Les documents d'archives de reconstruction de la voûte rive gauche :
  - Note explicative
  - Note de calcul
  - Plans « division de la voûte en tronçons » de février 1942 et de mai 1943
  - Plan « élévation et coupes »
  - Plan de calepinage du parement en pierre
- Le relevé topographique :
  - Coupe
  - Elévation
  - Vue en plan
- Les inspections détaillées de l'ouvrage et les inspections subaquatiques :
  - Inspection subaquatique de 1978
  - Inspection de 1988
  - Inspection de 1992
  - Inspection subaquatique de 1996
  - Inspection de 1997
  - Inspection de 2004
  - Inspection subaquatique de 2005
  - Inspection de 2011
  - Inspection subaquatique de 2016
- Les documents du projet de réhabilitation de 2008 :
  - Notice de présentation
  - Note de réponse
  - Coupe transversale de l'existant
  - Coupes transversales du projet
- Le compte rendu des investigations géotechniques d'avril 1997
- Le rapport des carottages de chaussée pour recherche Amiante/HAP de mars 2020



## 2 PRESENTATION DE L'OUVRAGE

### 2.1 LOCALISATION DE L'OUVRAGE

L'ouvrage est situé sur la commune de Decize (58300 – Nièvre). Il permet à la RD 978A de franchir la Vieille Loire au PR 38+120.

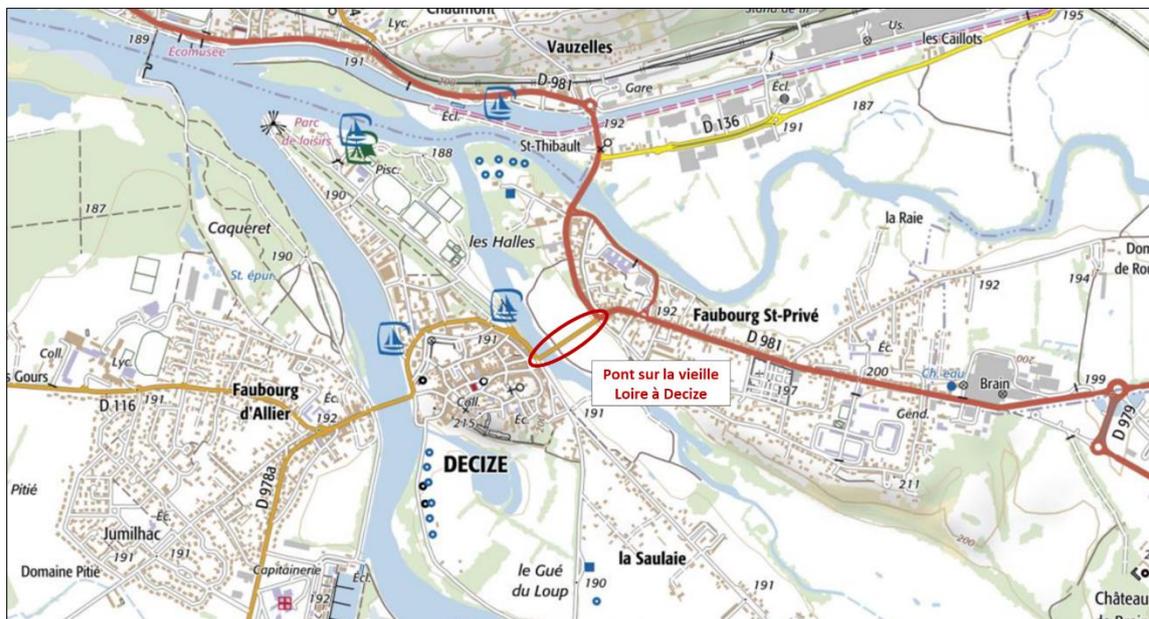


Figure 1 : Localisation du pont sur la Vieille Loire

### 2.2 CARACTERISTIQUES PRINCIPALES

L'ouvrage est un pont à voûtes en maçonnerie dont les caractéristiques principales sont :

- Nombre de travées : 11 Arches
- Longueur totale : 230 m
- Largeur totale : 8,70 m
- Tirant d'air : 4,40 m à 5,80 m
- Rayon de courbure : Alignement droit
- Biais : 100 grades
- Voie portée : RD978A
- Largeur de voie :
  - Largeur de chaussée : 2x2,25 m
  - Largeur de trottoir : 2x1,50 m



Figure 2 : Photo aérienne de l'ouvrage

## 2.3 HISTORIQUE DE L'OUVRAGE

Selon les archives, l'ouvrage en maçonnerie a été construit en 1775 selon la configuration actuelle. Les encorbellements présents sur la face aval de l'ouvrage au niveau des abouts présentaient une structure composée de poutres métalliques et voutains de briques. Ces parties de l'ouvrage ont donc été probablement construites suite aux évolutions du trafic. Par ailleurs, à l'initial, l'ouvrage présentait des parapets et non des garde-corps métalliques. Des travaux ont été réalisés en 1896. Les archives disponibles ne présentent pas de détails sur ces différents travaux d'aménagement de l'ouvrage.

En 1940, la voûte 11, assurant la connexion du pont en rive gauche, a été détruite au cours d'opérations militaires. Les travaux de reconstruction de cette voûte, exécutés en 1943, ont consisté à réaliser la voûte en béton faiblement armé. La voûte a été reconstruite en un seul rouleau divisé transversalement en 2 demi-voûte afin de permettre le maintien de la circulation. Elle présente un habillage en parement de pierre naturelle issue de la carrière de Chauvigny-Peuron. La reconstitution des superstructures (corniches, consoles et parapet) et des murs tympan en pierre a été faite avec des pierres naturelles de la carrière de Champcelée à Suilly-la-Tour.

A la lecture des inspections détaillées, l'ouvrage a fait l'objet de travaux d'entretien et de renforcement. Outre les travaux de ragréage des parements en pierre, des tirants d'enserriments sont présents au niveau des voûtes 2, 4, 5 et 7. Ces tirants, constitués d'acier TOR d'un diamètre de 25 mm, ne présentent pas de plaque d'appui sur les faces amont et aval. De multiples ragréages de la pierre sont présents sur l'ouvrage. Les archives disponibles ne détaillent pas les travaux de renforcement réalisés.

En 1997, des travaux de réfections de la chaussée ont été réalisés. Ils ont consisté à remplacer la structure existante par une structure composée d'une couche de base en enrobé à module élevé (EME) de 8 cm d'épaisseur et d'une couche de roulement en béton semi-grenu (BBSG) de 6 cm d'épaisseur. Pour la réalisation des travaux, un décaissement de 14 cm a été fait permettant de conserver le nivellement existant de la voie. La couche de base a été appliquée sur une couche de forme constituée des matériaux de remblais de la structure existante.

Durant les travaux de réfection de la voirie, l'encorbellement d'élargissement de la voie présent en rive gauche aval a été impacté. L'entreprise a reconstruit l'encorbellement en adoptant une structure en béton armé composée de poutres et de dalles.



## 3 NATURE DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

### 3.1 VOÛTE EN PIERRE

Lors des travaux de 1997, une campagne de reconnaissance géotechnique a été menée. Elle a consisté à réaliser :

- 3 fouilles à la pelle dont 1 au droit d'une pile et 2 au droit de la clé de deux voûtes menées jusqu'à la maçonnerie,
- 3 sondages carottés de la maçonnerie avec essais à la compression sur les matériaux de la structure prélevés.

Les implantations exactes des sondages ne sont pas précisées. Les résultats seront donc considérés de manière qualitative. Les reconnaissances permettent donc d'estimer les éléments suivants :

- L'épaisseur moyenne de la douelle en clé de voûte est de l'ordre de 1 m,
- L'épaisseur de remblais et de superstructure est d'environ 60 cm au niveau des clés de voûte,
- Les piles semblent être constituées d'un assemblage structuré de maçonnerie (pierres et mortier sur toute la hauteur),
- Les remblais présentent de bonnes caractéristiques (classe GTR B3 et D2 à D3),
- Les résistances des différentes pierres sont :
  - Résistance intrinsèque de la pierre naturelle : 141,6 MPa
  - Résistance de l'assemblage mélange mortier/pierre : 2,11 MPa
  - Résistance de l'assemblage mélange mortier/pierre : 14,8 MPa

L'analyse de ces données conduit aux informations et interrogations suivantes :

- Les matériaux de remblais semblent être de bonne qualité,
- La résistance de la pierre naturelle des douelles est élevée,
- L'analyse de la résistance du complexe pierre/mortier est à pondérer en fonction de l'orientation du joint et de la proportion de mortier présente dans l'échantillon dans les différents essais (les informations précises sur les échantillons utilisés pour les essais à la compression ne sont pas disponibles dans le rapport fourni),
- La présence de maçonnerie toute hauteur dans les piles est à regarder en fonction de l'implantation du sondage par rapport au mur tympan. Le mode de construction des ponts en maçonnerie induit en général une épaisseur de remblais plus importantes au droit des piles.

### 3.2 VOUTE 11 EN RIVE GAUCHE

La voûte 11 en rive gauche est constituée d'une douelle en béton et d'un habillage en parement pierre. Selon la note de calcul, l'épaisseur en clé de voûte est de 0,80 m et celle en rein de 1,30 m. L'analyse du plan du tracé de la voûte conduit à réévaluer l'épaisseur en rein de la voûte aux environs de 1,80 m correspondant à celle de la partie de la voûte en maçonnerie conservée suite à sa destruction.

La nature des bétons est indiquée dans la note explicative des travaux de 1943 :

- Béton de la voûte :
  - Dosage en graviers (15 à 50 mm) : 700 L
  - Dosage en sables : 500 L
  - Dosage en ciment : 300 kg
- Béton des tympans :
  - Dosage en graviers (15 à 50 mm) : 700 L
  - Dosage en sables : 500 L
  - Dosage en ciment : 200 kg



Les mortiers utilisés pour la réalisation de la chape et des joints est un mortier dosé à 600 kg.

## 4 GÉOMÉTRIE DE L'OUVRAGE

### 4.1 GÉOMÉTRIE MESURÉE DE L'OUVRAGE

#### 4.1.1 VOIE PORTEE

L'ouvrage permet le franchissement de la Vieille Loire par la RD 978A (PR 38+120) à Decize (58).

Le tracé en plan de l'ouvrage est rectiligne et présente un biais d'environ 100 grades par rapport à l'axe théorique de la Vieille Loire.

Le profil en long de l'ouvrage actuel présente une pente principale unique de 1,43 % environ dans le sens Decize – Faubourg Saint-Privé. Une pente en sens inverse de 3,27 % environ sur 17 m de longueur est localisée au niveau du raccordement en rive gauche.

Les caractéristiques géométriques du profil en travers de la voie portée en section courante sont les suivantes :

- Largeur de corniche et garde-corps : 0,10 m
- Largeur de trottoir amont : 1,50 m
- Largeur des 2 voies : 5,50 m, soit 2,25 m par voie
- Largeur de trottoir aval : 1,50 m
- Largeur de corniche et garde-corps : 0,10 m

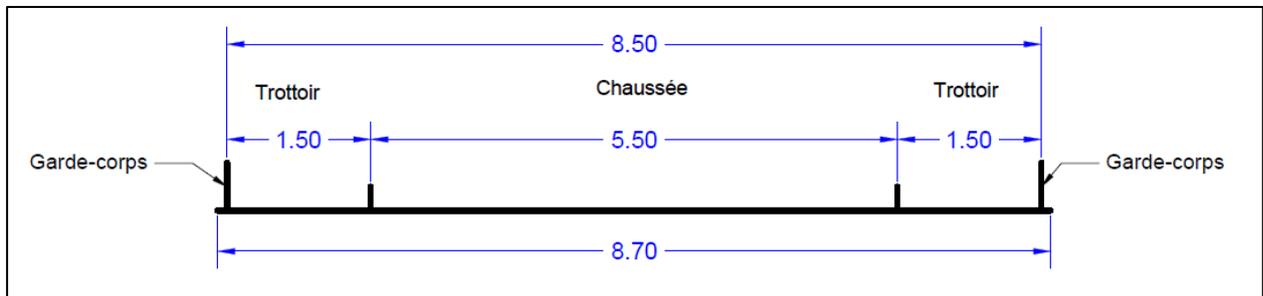


Figure 3 : Profil en travers fonctionnel en section courante

Aux abouts de l'ouvrage, pour faciliter la giration des véhicules longs, des encorbellements ont été réalisés du côté aval de l'ouvrage afin d'augmenter le rayon de giration. Sur la base des plans topographiques transmis, le rayon de giration est d'environ 10,70 m en rive gauche et 9,20 m en rive droite.

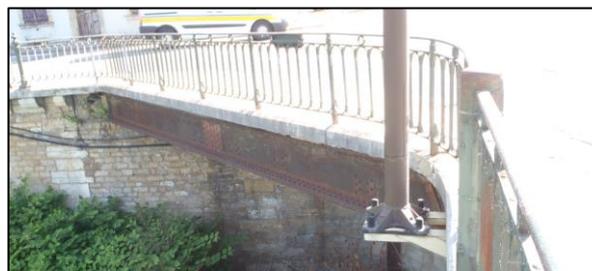


Figure 4 : Photo d'un élargissement

Les dispositifs de retenue sont constitués de garde-corps en acier peint de hauteur 0,90 m. Au niveau des mur en aile, les garde-corps métalliques laissent places à des parapet hormis pour le mur aval en rive droite.

Une borne IGN est présente sur le mur amont en rive gauche.



#### 4.1.2 INTRADOS DES VOUTES

L'ouvrage présente 11 voûtes de longueur variables. Les caractéristiques géométriques des voûtes sont indiquées dans le tableau ci-après.

N° voûte	Ouverture (m)	Flèche (m)	Rayon min (m)	Rayon max (m)	Schéma
1	10,68	3,80	3,83	7,55	<p style="text-align: center;"><b>Voute 1</b></p>
2	11,38	4,08	3,56	7,74	<p style="text-align: center;"><b>Voute 2</b></p>
3	14,25	4,37	3,41	11,15	<p style="text-align: center;"><b>Voute 3</b></p>



N° voûte	Ouverture (m)	Flèche (m)	Rayon min (m)	Rayon max (m)	Schéma
4	14,83	4,88	3,50	12,08	<p style="text-align: center;"><b>Voute 4</b></p>
5	15,56	4,81	3,61	13,44	<p style="text-align: center;"><b>Voute 5</b></p>
6	16,20	5,44	4,58	14,30	<p style="text-align: center;"><b>Voute 6</b></p>
7	18,06	5,42	4,38	18,92	<p style="text-align: center;"><b>Voute 7</b></p>



N° voûte	Ouverture (m)	Flèche (m)	Rayon min (m)	Rayon max (m)	Schéma
8	19,11	5,99	5,35	18,54	<p style="text-align: center;"><u>Voûte 8</u></p>
9	20,35	5,98	3,81	21 ;85	<p style="text-align: center;"><u>Voûte 9</u></p>
10	21,97	6,60	4,33	27,97	<p style="text-align: center;"><u>Voûte 10</u></p>
11	23,81	7,02	5,25	19,08	<p style="text-align: center;"><u>Voûte 11</u></p>

Tableau 1 : Caractéristiques géométriques des voûtes



### 4.1.3 STRUCTURE DE CHAUSSEE EXISTANTE

La structure de chaussée existante sur l'ouvrage peut être déduite des sondages réalisés en avril 1997 et des données des travaux de réfection de chaussée d'août 1997.

Les travaux de réfection de chaussée ont consisté à décaisser le corps de chaussée existant de 14 cm en conservant une partie de la couche de forme existante pour pouvoir mettre en œuvre une couche d'assise en enrobé à module élevé (EME) d'épaisseur 8 cm recouvert d'une couche de roulement en enrobé bitumineux (BBSG) d'épaisseur 6 cm.

Il en est déduit que la structure de chaussée sur l'ouvrage actuel est composée de, du support vers la surface :

- Une couche de forme en grave sableuse d'épaisseur variable entre 12 et 22 cm ;
- Une couche d'assise en enrobé à module élevé d'épaisseur constante 8 cm ;
- Un tapis en enrobé bitumineux aux élastomères d'épaisseur constante 6 cm.

## 4.2 GÉOMÉTRIE ESTIMÉE DE L'EXTRADOS DE LA STRUCTURE DE L'OUVRAGE

Afin d'esquisser la géométrie de l'extrados structurel de l'ouvrage, des estimations des épaisseurs des douelles ont été réalisées à partir des formules empiriques de la méthode de Séjourné. Les autres approches (Perronet, Dupuit, Croisette-Desnoyers) fournissent des résultats similaires.

### 4.2.1 EPAISSEUR DES DOUELLES EN CLÉ DE VOÛTE

Les épaisseurs des douelles sont estimées en fonction de la géométrie des voûtes à l'aide de la formule de Séjourné :

$$e_0 = \alpha(1 + \sqrt{2 \cdot a})\mu$$

Avec  $e_0$  l'épaisseur de la douelle à la clé de voûte,  $2a$  la portée de la voûte,  $\alpha$  un coefficient fonction des caractéristiques de la voie portée et  $\mu$  un coefficient fonction du surbaissement.

Le coefficient  $\alpha$  est considéré égal à 0,18 ce qui correspond à la limite supérieure pour un pont routier. Cette valeur a été retenue car elle permet d'obtenir des épaisseurs en clé de voûte comparable à celles mesurées lors des reconnaissances de 1997.

En notant  $f$  la flèche de la voûte, le surbaissement est donné par :

$$\sigma = f/2a$$

Suivant la forme des voûtes, en ellipses surbaissées dans le cas du pont de Decize,  $\mu$  prend les valeurs suivantes :  $\mu = 4/(3+2\sigma)$

Le calcul de l'épaisseur de la clé  $e_0$  est présenté dans le tableau ci-dessous pour chaque voûte.

Voûte	portée 2.a [m]	fleche [m]	surbaissement	$\mu$	Epaisseur en clé : $e_0$
11	24	7	0,29	1,12	1,19
10	22,2	6,6	0,30	1,11	1,14
9	20,4	6	0,29	1,11	1,11
8	19	6	0,32	1,10	1,06
7	18,2	5,4	0,30	1,11	1,06
6	16,2	5,4	0,33	1,09	0,99
5	15,6	4,8	0,31	1,11	0,99
4	14,9	4,9	0,33	1,09	0,96
3	14,3	4,4	0,31	1,11	0,95
2	11,4	4,1	0,36	1,08	0,85
1	10,8	3,8	0,35	1,08	0,83

Tableau 2 : Calcul de l'épaisseur des douelles au niveau de la clé



#### 4.2.2 ÉPAISSEUR DES DOUELLES AU NIVEAU DES REINS

À la suite du calcul des épaisseurs en clé présenté précédemment, l'épaisseur des douelles au niveau des reins des voûtes est estimée avec la formule suivante :

$$e_1 = \lambda e_0$$

Avec  $e_1$  l'épaisseur estimée au niveau des reins et  $\lambda$  un coefficient égal à  $1+2\sigma$ .

L'approche permet de retrouver l'épaisseur constatée sur les plans de reconstruction de la voûte 11, soit 1,80 m environ.

Le calcul de l'épaisseur  $e_1$  est présenté dans le tableau suivant.

Voûte	surbaissement	Epaisseur en clé : $e_0$	$\lambda$	Epaisseur en rein : $e_1$
11	0,29	1,19	1,58	1,88
10	0,30	1,14	1,59	1,82
9	0,29	1,11	1,59	1,76
8	0,32	1,06	1,63	1,73
7	0,30	1,06	1,59	1,68
6	0,33	0,99	1,67	1,64
5	0,31	0,99	1,62	1,59
4	0,33	0,96	1,66	1,59
3	0,31	0,95	1,62	1,54
2	0,36	0,85	1,72	1,46
1	0,35	0,83	1,70	1,42

Tableau 3 : Calcul de l'épaisseur des douelles au niveau des reins

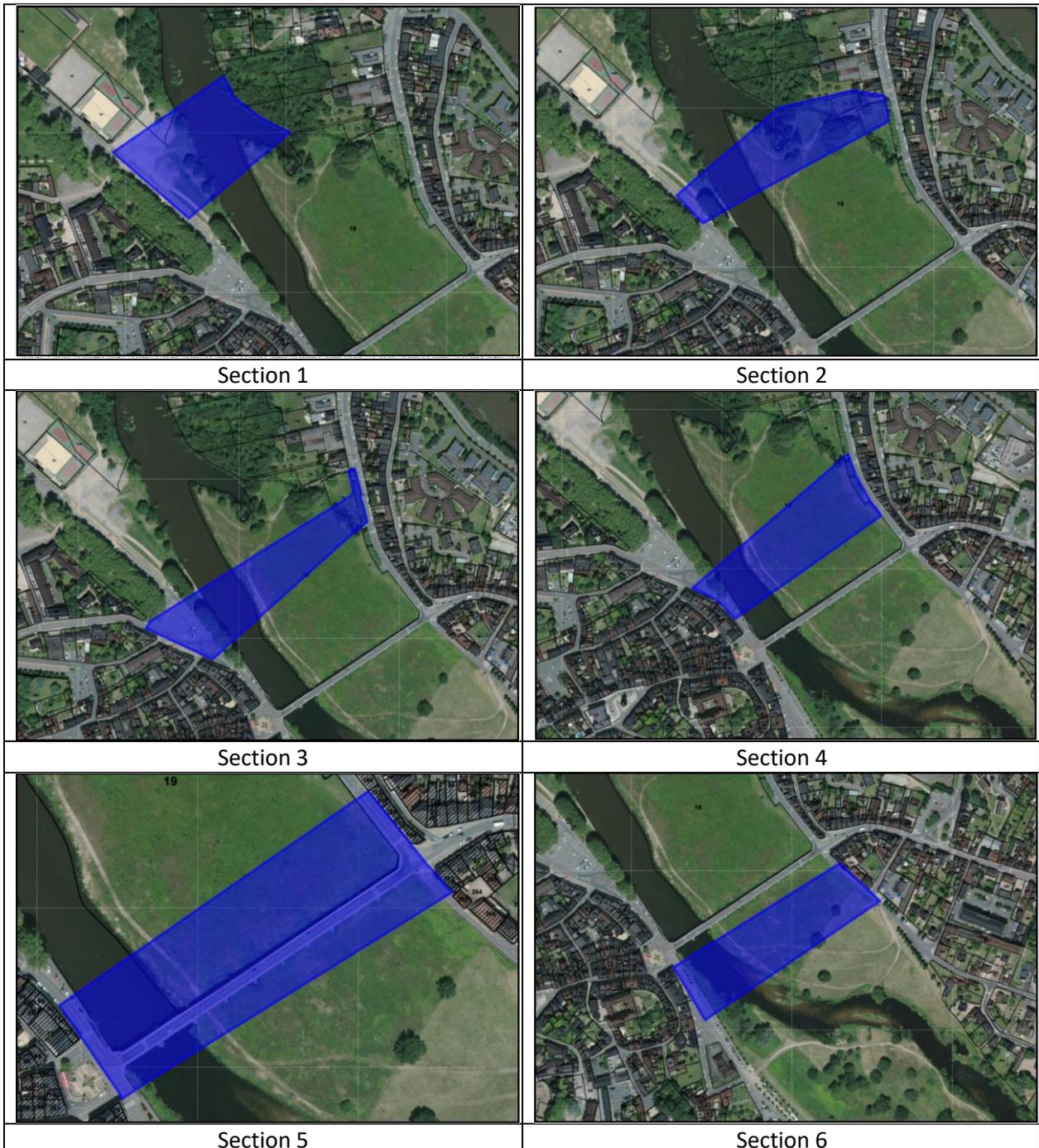


## 5 SYNTHÈSE DES RÉSEAUX EN CONCESSIONS

### 5.1 PREAMBULE

Afin d'identifier les réseaux présents au droit de la zone du projet, des déclarations de projet de travaux ont été faites. Une carte synthétique des réseaux est présentée en annexe. La seule fonction de cette carte est d'illustrer une synthèse des réponses obtenue, étant entendu que seules les réponses aux DT sont valables.

Les déclarations de projet de travaux ont été faites selon les périmètres présentés sur les figures suivantes.



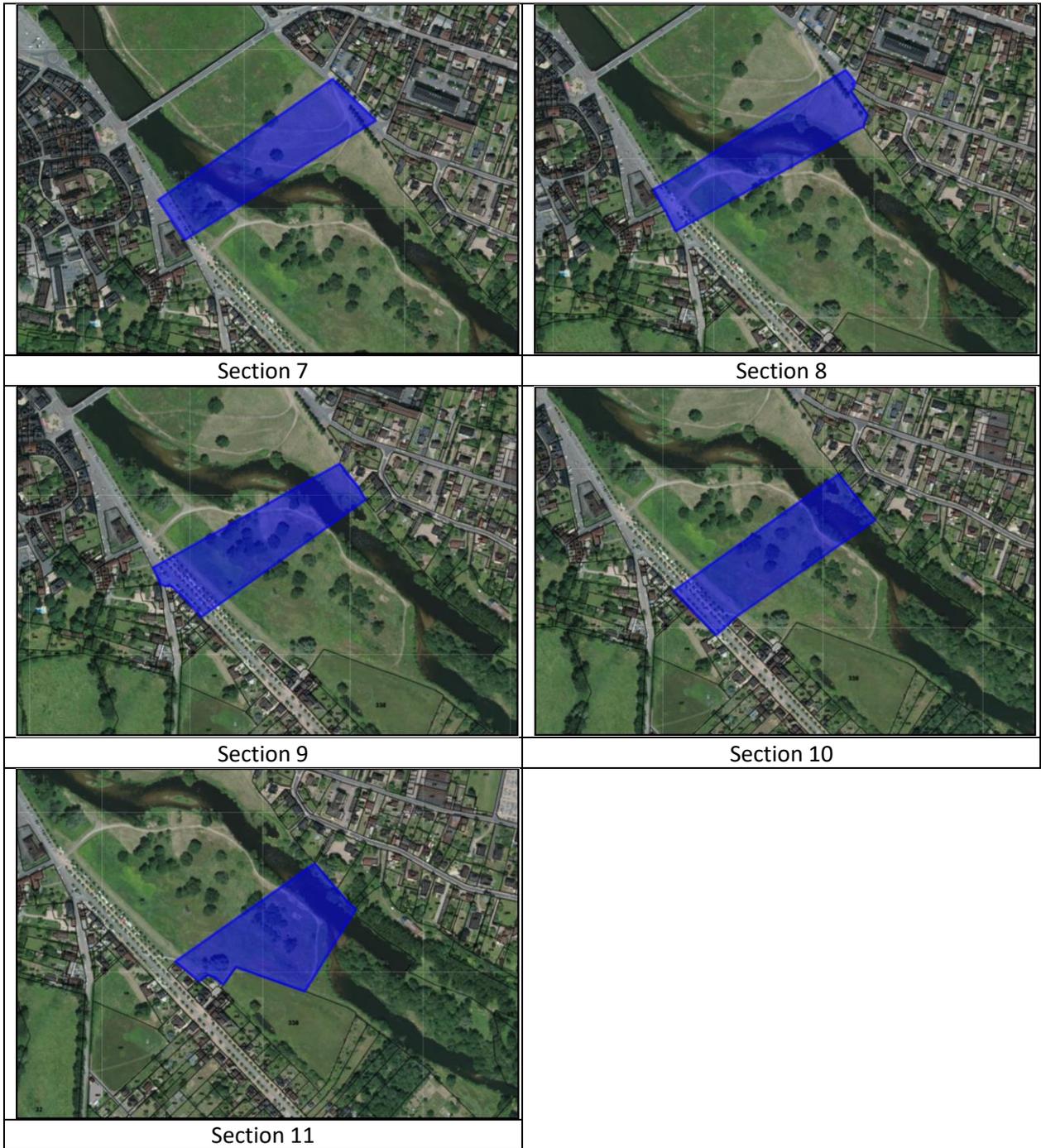


Tableau 4 : Repérage des sections des DT réalisées



## 5.2 RÉSEAUX PRÉSENTS DANS L'EMPRISE DE L'OPÉRATION

Les informations sur les réseaux des concessionnaires ont été collectées via des Déclarations de projet de Travaux (DT) adressées à tous les concessionnaires inscrits au Guichet Unique, et restent indicatives à ce stade. La synthèse des retours est présentée dans le tableau suivant.

Il est noté au droit de l'ouvrage ou dans un environnement proche les réseaux suivants :

Type de réseau	réseau	Concessionnaire	Localisation	Classe de précision	Commentaire
Electrique	BT	ENEDIS	Rive gauche / Rive droite	A	Pas à proximité direct de la zone concernée
	HTA		Rive gauche / Rive droite / Rive amont de l'ouvrage	A	3x150 Al S3 (rive gauche) 2 HTA 11x150 AL-Te-PRC-83 (sur l'ouvrage et rive droite)
	BTA et HTA abandonnée		Rive gauche / Rive droite / Trottoir amont de l'ouvrage	/	/
	Souterrain	SIEEEN	Rive gauche / Rive droite	C	Souterrain avec fourreaux
	Façade		Rive droite / Rive aval de l'ouvrage	C	Façade mixte
Gaz	/	GRDF	Rive gauche / Rive droite / Aval de l'ouvrage	A (Rive gauche et rive droite) / position incertaine (aval de l'ouvrage)	MPB AC 168.3 MPB PE 110
Télécom	Enterré	Orange	Rive gauche / Rive droite / Rive amont de la chaussée de l'ouvrage	B	Conduite enrobée
	Aérien		Rive droite	B	
EAU	Assainissement EP	Ville de Decize	Rive droite / Rive gauche	C	Φ300 rive gauche Φ400 rive droite
	Assainissement EU		Rive droite / Rive gauche	C	Φ200 rive droite et gauche / Φ250 rive gauche
	Assainissement EP+EU		Rive gauche / Rive droite	C	Φ200 rive droite / Hors zone travaux rive gauche
	Refolement		Aval de l'ouvrage / Rive droite	C	Φ160
	EP		Rive gauche / Rive droite / Sous la chaussée de l'ouvrage	C	Φ350 sur OA Φ250 rive gauche aval Φ350 rive droite aval

Tableau 5 : Réseaux présents à proximité de l'ouvrage

La visite de site a permis d'apercevoir que les réseaux de gestion des eaux usées, notamment au niveau de la rive droite, présente des matériaux probablement amiantés.

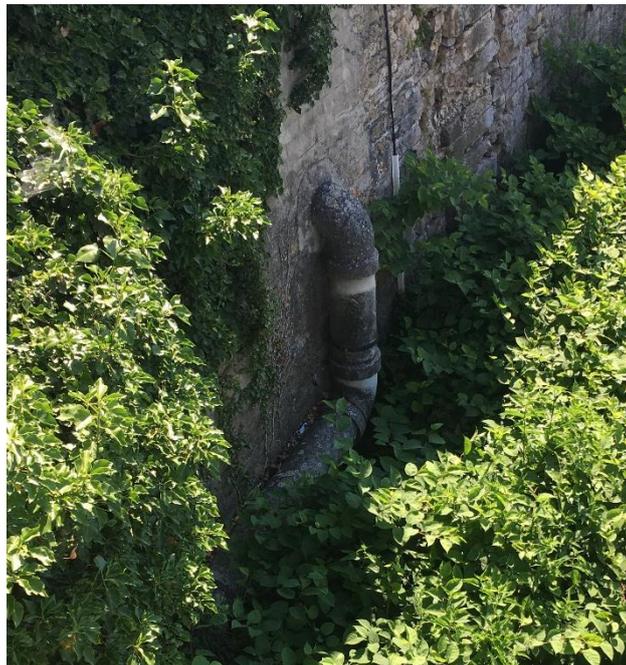


Figure 5 : Photo du réseau de gestion des EU – Matériaux probablement amiantés



### 5.3 ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RÉSEAUX POTENTIELLEMENT IMPACTÉS

Les réseaux présents sur l'ouvrage seront impactés par les travaux de réhabilitation de l'ouvrage, quelle que soit la solution de réhabilitation retenue. Il s'agit plus particulièrement des réseaux suivants :

- Réseau électrique HTA présent en rive amont de l'ouvrage
- Réseau électrique BT et HTA abandonné sous le trottoir amont de l'ouvrage
- Réseau électrique de Façade présent en rive aval de l'ouvrage
- Réseau télécom enterré présent sous la chaussée de l'ouvrage côté amont
- Réseaux d'eau EP présent sous la chaussée de l'ouvrage.

De plus, si la solution de réhabilitation retenue nécessite la construction d'un ouvrage provisoire ou définitif, les réseaux présents dans la brèche à l'aval de l'ouvrage sont susceptibles d'être impactés. Il s'agit notamment des réseaux suivants :

- Réseau de gaz
- Réseau d'eau de refoulement

Enfin, les autres réseaux présents sur les rives énoncés dans le tableau précédent sont susceptibles d'être impactés selon la nature des travaux qui seront envisagés. Néanmoins, en fonction de la définition des aménagements futurs, il est possible de limiter les interfaces.



## 6 ANALYSE DES INSPECTIONS REALISEES

---

### 6.1 SYNTHESE DES INSPECTIONS SUBAQUATIQUES DE L'OUVRAGE

#### 6.1.1 PREAMBULE

Dans l'ensemble des rapports d'inspection subaquatique, la numérotation des appuis est inversée et commence en rive gauche. Ainsi la pile P1 correspond à la pile P10 des rapports d'inspection détaillée des parties hors d'eau.

#### 6.1.2 INSPECTION SUBAQUATIQUE D'AOUT 1978

L'inspection d'août 1978 a été réalisée par une équipe de plongeur du groupe SOGETRAM. Les principales observations faites lors de cette inspection sont les suivantes :

- Nombreuses dégradations des pierres en surface (pierres manquantes ou épauprées)
- Décollement des tympans (arches 2, 4, 5 et 7)
- Disjointoiement des maçonneries

L'inspection révèle que l'ouvrage est dégradé en superstructure mais qu'il ne présente que peu de désordres sous le niveau de l'eau.

#### 6.1.3 INSPECTION DE MARS 1996

L'inspection de mars 1996 est une inspection subaquatique des appuis immergés de l'ouvrage réalisée par l'assistance technique sous-marine. Aucun désordre particulier n'a été observé sur les parties immergées lors de cette inspection, excepté une épauprure et un léger disjointoiement au niveau de la pile P1.

#### 6.1.4 INSPECTION D'AOUT 2005

L'inspection d'août 2005 est une inspection subaquatique des appuis immergés de l'ouvrage réalisée par la SARL Contrôle Technique Sous Marin (CTSM). Cette inspection relève un affouillement sous l'avant bec de la pile P1 (affouillement haut de 20 cm et profond de 50 cm) et une légère altération des dalles de la pile P1.

Il est proposé en conclusion de l'inspection de procéder à des travaux de comblement ou de confortement de l'affouillement identifié.

#### 6.1.5 INSPECTION DE MAI 2016

L'inspection de mai 2016 est une inspection subaquatique des appuis immergés de l'ouvrage, réalisée par CTSM. En plus des désordres relevés lors des précédentes inspection subaquatiques (Août 2005), il est relevé un affouillement sous 0,60 m d'eau au niveau de l'angle amont droit de la pile P1 (long de 70 cm, haut de 40 cm et profond de 25 cm maximum).

#### 6.1.6 INSPECTION DE JUIN 2020

Durant l'inspection subaquatique de juin 2020, il a été relevé une importante zone d'érosion de la maçonnerie du bec amont de la pile P1 ainsi qu'un affouillement au niveau de l'angle amont droit et une légère altération des dalles de la fondation rive droite de ce même appui.

Aucun désordre particulier n'a été révélé sur les autres appuis immergés lors de cette inspection.



## 6.2 SYNTHÈSE DES INSPECTIONS DE L'OUVRAGE

### 6.2.1 INSPECTION DE NOVEMBRE 1988

L'inspection de novembre 1988 a été réalisée par une équipe du LR d'Autun. Les principales observations faites lors de cette inspection sont les suivantes :

- Absence ou inefficacité de l'étanchéité au niveau de l'extrados de l'ouvrage
- Nombreux éclats (dont certains très importants en surface ou en volume) et humidité permanente au niveau des maçonneries des voûtes et des bandeaux
- Décollement des ragréages effectués au cours d'anciennes interventions de réparations
- Absence de protection au coulis de ciment des tirant passifs mis en œuvre pour consolider les voûtes 4, 5 et 7
- Ventre (au maximum de 3 cm) de certains tympans
- De nombreux joints sont fissurés, décollés ou manquants
- Eclatement des nombreux corbeaux
- Décollement du béton projeté sur le mur de soutènement aval sur environ 10 m<sup>2</sup>
- Oxydation des poutrelles et de la poutre support principale de l'élargissement aval à cause d'un défaut d'étanchéité des voutains en briques
- Usure, faïençage et orniérage de la chaussée
- Fissuration transversale généralisée et de nombreux éclats sur les trottoirs
- Certains éléments des garde-corps endommagés

L'inspection conclut sur la nécessité d'effectuer de grosses réparations sur l'ouvrage dont notamment les travaux suivants :

- Réfection de l'étanchéité, de la couche de roulement et des trottoirs
- Ragréage des maçonneries des voûtes et des bandeaux
- Enserrement des tympans

### 6.2.2 INSPECTION DE JUILLET 1992

L'inspection de juillet 1992 a été réalisée par une équipe du LR d'Autun. Les principales observations faites lors de cette inspection sont globalement identiques à celles de l'inspection de 1988 avec une augmentation des surfaces et des volumes de maçonnerie endommagée.

L'inspection présente également des conclusions similaires à celle de 1988 vis-à-vis des travaux à envisager pour l'ouvrage avec, en plus, une suggestion de réparation en béton projeté pour l'intrados des voûtes.

### 6.2.3 INSPECTION D'AVRIL 1997

L'inspection d'avril 1997 a été réalisée par une équipe du LR d'Autun. En plus des observations faites lors des inspections de 1988 et de 1992, cette inspection confirme d'avantage l'effet néfaste de l'absence ou de l'inefficacité de l'étanchéité sur l'ouvrage à travers l'observation de la dissolution du liant des joints entraînant le descellement des pierres. Il est également observé une forte altération des pierres causée par une humidité constante couplée à des cycles de gel / dégel. De plus, le corps de remplissage exerce, lorsqu'il est saturé en eau, une pression plus forte sur les tympans amplifiant leur bombement.

Il est également observé, sur la travée 11, une fissuration des faces latérales qui semble traduire un affaissement de la voûte pouvant résulter d'un mouvement de la culée rive gauche.

En conclusion de l'inspection, il est souligné que l'ouvrage nécessite des travaux de réparation à réaliser rapidement. Le rapport d'inspection alerte sur la possible ruine d'une partie de l'ouvrage si aucune réparation n'est envisagée (écroulement d'un bandeau voire d'une voûte).



#### 6.2.4 INSPECTION DE SEPTEMBRE 2004

L'inspection de septembre 2004 a été réalisée par la SARL Bâtiment Ouvrage d'Art Services. Elle permet, de même que lors des inspections précédentes, le constat un défaut d'étanchéité de l'ouvrage illustré par la présence de calcite, de stalactites actives et de petits éclats. Cela provoque l'altération des joints et des pierres de l'ouvrage.

Le bombement et le décollement entre les bandeaux et les douelles sont accentués par les poussées horizontales dues à l'humidité ambiante dans le corps des voûtes et au passage de véhicules de plus en plus lourd sur l'ouvrage.

Il est identifié au niveau des corbeaux des pierres gélives favorisant la fissuration et les éclatements au sein de ces dernières.

Il est également relevé au cours de cette inspection le mauvais état de la chaussée (orniérage, fissuration) et le vieillissement des garde-corps (écaillage local de la peinture laissant place à l'oxydation).

En conclusion de l'inspection de l'ouvrage, il est suggéré de procéder rapidement à des travaux importants sur la maçonnerie ainsi qu'à la réalisation d'une étanchéité générale sur l'ouvrage.

#### 6.2.5 INSPECTION DE MARS 2011

L'inspection de mars 2011 a été réalisée par ARTEIS. Les désordres constatés lors de cette intervention sont similaires à ceux relevés lors de l'inspection précédente (2004) avec peu d'évolution de ceux-ci.

Une nouvelle fois, l'accent est mis sur l'absence d'étanchéité sur l'ouvrage qui est responsable de la majorité des désordres.

#### 6.2.6 INSPECTION DE JUIN 2020

L'inspection de juin 2020 conclut à un état médiocre de l'ouvrage. Les désordres relevés lors de cette inspection sont similaires à ceux de l'inspection précédente avec une évolution relativement lente. Les principaux désordres relevés sont les suivants :

- Extradados :
  - Oxydation des garde-corps
  - Fissuration/faïençage du revêtement des trottoirs
  - Altération des pierres sous les garde-corps
  - Fissuration et faïençage de l'enrobé le long des bandes roulantes
  - Fissuration transversale de l'enrobé au voisinage des reins des voûtes
  - Fixations et caches endommagés sur poteaux de garde-corps
- Façades :
  - Epaufrures
  - Disjointoiement et fissuration de la maçonnerie
  - Végétation envahissante sur les murs en aile et les couronnements des piles
  - Présence de calcite
- Intrados :
  - Suintement et zones humides
  - Présence de calcite
  - Disjointoiement et fissuration de la maçonnerie / Décollement de bandeau
  - Epaufrures



### **6.3 SYNTHÈSES DES DÉSORDRES OBSERVÉS ET DE LEUR ÉVOLUTION**

Les différentes inspections présentées précédemment indiquent que l'ouvrage souffre principalement d'une défaillance d'étanchéité causant la majorité des désordres observés sur les intrados des voûtes.

La porosité des pierres alliée à l'environnement humide permanent participe également à la dégradation des parements (pierres probablement gélives).

L'évolution des désordres entre les différentes inspections reste cependant relativement lente mais existante.



## 7 DIAGNOSTIC STRUCTUREL

---

### 7.1 ANALYSE DU PROJET DE REHABILITATION DE 2008

#### 7.1.1 PRESENTATION DU PROJET

Le projet de réhabilitation de 2008 fait référence à l'inspection de l'ouvrage de 2004 qui conclut que, même si la stabilité de l'ouvrage n'est pas remise en cause, des travaux sont à prévoir rapidement afin de stopper l'évolution des désordres et assurer la pérennité de l'ouvrage.

Les travaux envisagés lors de ce projet de réhabilitation sont :

- La mise en œuvre d'une étanchéité sur l'ensemble de l'ouvrage
- La création de tranchées drainantes et de barbacanes assurant le drainage du corps de remblai
- Le retrait de la végétation présente sur l'ouvrage
- Le remplacement des garde-corps
- La mise en œuvre de tirants d'enserrement sur les bandeaux et les tympans
- La protection des tirants et des épingles d'enserrement existants
- Le traitement des parements en maçonnerie (purge, ragréage, colmatage des éclatements, rejointoiement, ...)
- La remise en état de l'élargissement aval d'about en rive droite
- La réfection de la couche de roulement

#### 7.1.2 GESTION DE LA CIRCULATION EN PHASE CHANTIER

Compte tenu de la faible largeur disponible sur l'ouvrage, il n'a pas été envisagé le maintien de la circulation sur l'ouvrage pendant le chantier, d'une durée estimée à 6 mois pour la reprise de l'étanchéité.

Il a donc été prévu un ouvrage provisoire, permettant le franchissement de la Vieille Loire par les circulations routières et piétonnes durant le chantier (ouvrage de 35 m de long franchissant le lit mineur de la vieille Loire avec en rive droite une rampe d'accès de 150 m de long débouchant sur le quai Henri Roblin et en rive gauche une rampe d'accès de 230 m de long débouchant sur l'avenue Victor Hugo).

#### 7.1.3 CREATION D'UNE ETANCHEITE

Trois solutions ont été étudiées pour la création d'une étanchéité sur l'ouvrage :

- La première consistant à mettre en œuvre une étanchéité sur l'ouvrage sans modification du profil en travers
- La seconde consistant à mettre en œuvre une étanchéité sur l'ouvrage et à profiter de ces travaux pour élargir le profil en travers par rapport à l'existant (chaussée de 6,00 m de large au lieu des 5,50 m existants)
- La troisième consiste à créer une étanchéité haute sur l'ouvrage, c'est-à-dire immédiatement sous la couche de roulement. Cependant, cette solution est difficilement envisageable compte tenu de la présence de réseaux sur l'ouvrage et du manque de place disponible dans les trottoirs.

#### 7.1.4 REPARATION DES MAÇONNERIES

La réparation des maçonneries est dissociée en deux axes principaux :

- Le traitement de l'encorbellement aval rive droite
- Le traitement de l'ensemble des autres maçonneries

L'encorbellement aval rive droite est constitué de poutrelles métalliques supportant des voutains en briques. Compte tenu de l'état d'avancement des désordres, il a été envisagé, plutôt qu'une réparation, de le déconstruire et de le reconstruire en béton armé avec un système de type poutre et dalle.



Pour le traitement des autres maçonneries de l'ouvrage, il est spécifié que les travaux ne devront avoir lieu qu'après avoir constaté l'efficacité de l'étanchéité préalablement réalisée sur l'ouvrage (soit au minimum un an après les travaux de création de l'étanchéité). Ils intègrent les prestations suivantes :

- Fourniture et mise en place des moyens utiles pour l'accès aux maçonneries depuis le lit majeur
- Nettoyage et rejointoiement général de toutes les maçonneries
- Ragréage des zones dégradées
- Mise en place de tirants d'enserrement

## 7.2 STRUCTURE DE L'OUVRAGE

L'analyse des inspections et la réalisation des inspections de 2020 permettent de conclure que l'ouvrage est dans un état moyen.

Les principaux désordres observés sont les suivants :

- Affouillement au niveau de la pile P10 présent dans le lit mineur de la Vieille Loire
- Présence de végétation au niveau des appuis dans la maçonnerie
- Altération généralisée des pierres de parement avec, par endroit, d'importantes lacunes (notamment les pierres constituant les bandeaux)
- Bombement du mur tympan au droit de P5 et décollement de bandeaux sur certaines voûtes (V1, V2, V4, V5, V7)
- Fissuration de la voûte 11 entre les deux rouleaux constituant la douelle
- Présence de calcite et de zones humides sur l'ensemble des parements
- Hauteur non réglementaire des garde-corps (0,95 m)

Il a été observé que l'ouvrage a déjà été sujet à des travaux de réhabilitation. En effet, des tirants d'enserrement sont visibles au niveau de certaines voûtes ainsi que des ragréages des maçonneries au mortier de couleur « pierre ».

## 7.3 EQUIPEMENTS

### 7.3.1 DISPOSITIF DE RETENUE

Actuellement, le dispositif de retenue présent sur les rives de l'ouvrage est un garde-corps de type 1 (village). Lors des différentes inspections, il a été spécifié que les garde-corps présents sur l'ouvrage ne sont pas conformes aux normes de retenue piéton (XP P 98-405). Aux abouts de l'ouvrage, des parapets assurent la fonction de dispositif de retenue.

Lors de l'inspection de 2020, les mesures faites sur les garde-corps montrent des hauteurs de 0,90 m inférieur à la hauteur de 1,00 m minimum fixé par la norme pour les piétons et de 1,20 m pour les cycles. Ce dispositif devra être changé quelle que soit la configuration envisagée pour l'ouvrage.

Pour une approche globale, l'indice de danger a été calculé pour l'ouvrage dans sa configuration actuelle. Le trafic moyen journalier retenu pour mener l'étude est issu du rapport de diagnostic d'analyse de mobilité (LSO-EP1-TRF-NTE-0121). Il est de 6350 véh/j/sens.

Il est rappelé que la méthode de calcul de l'indice de danger développée par le SETRA/CEREMA s'applique pour des infrastructures routières dont la vitesse autorisée est supérieure ou égale à 70 km/h.



**Pont de Decize**

**Indice de Danger**

	vj par sens	10	30	50	100	150	300	500	800	1500	3000	5000	8000	15000	30000	Indice	
<b>Trafic</b>		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	12	
<b>Trafic poids lourd</b>	Voies à grande circulation et AR							Autres voiries								1	
	Faible	0							Faible	0							
	Normal	1 (Cf. texte)							Normal	1							
	Elevé	3															
<b>Niveau de service</b>	Voies peu importantes : chemins ruraux, forestiers, voies communales					Autres voiries					Autoroute et routes du schéma directeur					0	
	-1					0					1						
<b>Tracé</b>	R infini		1.5 Rnd			Rnd Normal non déversé				Rm minimal				0			
	0		1			3				4							
<b>Pente</b>	Pente inférieure à 4% sur 300 m					Pente supérieure à 4% sur 300 m					Par tranche de 3% supplémentaire					0	
	0					2					2						
<b>Courbure</b>	Distance de visibilité supérieure à celle requise pour la vitesse de référence de l'itinéraire							Inférieure								0	
	0							1									
<b>Points de conflits</b>	Non							Oui (sauf carrefour giratoire)								2	
	0							2									
<b>Longueur de brèche</b>	Lb < 10 m				10 m < Lb < 30 m				Lb > 30 m				4				
	Voir texte				2				4								
<b>Hauteur de chute</b>	h < 4 m			4 < h < 8 m			8 < h < 10 m			h > 10 m			3				
	0			1			3			5							
<b>Profondeur de l'eau</b>	P < 2 m					P > 2 m					5						
	0					5											
<b>Voies franchies</b>	T < 1 000 vj					1 000 < T < 10 000 vj					T > 10 000 vj					0	
	0					2					5						
<b>Voies ferrées</b>	Cf. Annexe 1															0	
<b>Présence humaine</b>	d < 10 Habitants/Hectare					10 < d < 1 000					d > 1 000					5	
	0					5					Voir texte						

Diagramme de calcul de l'Indice de Danger (ID) :

- Trafic : 12
- Trafic poids lourd : 1
- Niveau de service : 0
- Tracé : 0
- Pente : 0
- Courbure : 0
- Points de conflits : 2
- Longueur de brèche : 4
- Hauteur de chute : 3
- Profondeur de l'eau : 5
- Voies franchies : 0
- Voies ferrées : 0
- Présence humaine : 5

Calculs intermédiaires :

- ID1" = 5 (Σ Trafic poids lourd)
- ID1' = 14 (Σ Pente)
- ID1 = 19 (Σ ID1" + ID1')
- ID2 = 5 (max Hauteur de chute, Profondeur de l'eau)
- ID3 = 5 (max Voies franchies, Voies ferrées)
- ID = 24 (Σ ID1 + max(ID2, ID3))

Figure 6 : Calcul de l'indice de danger de l'ouvrage

L'indice de danger de 24 correspond à la considération du véhicule lourd. Dans le cadre des travaux de réhabilitation de l'ouvrage, l'application de la réglementation existante conduit à considérer une solution de dispositif de retenue de niveau de protection H2 compatible avec la circulation piétonne.



### 7.3.2 CHAUSSEE ET TROTTOIRS

Le revêtement de la chaussée présente d'importantes dégradations induites par les sollicitations du trafic. En effet, un phénomène d'orniérage accompagné d'un faïençage de la structure démontre que la structure présente une fatigue généralisée sur l'ensemble du linéaire de l'ouvrage, principalement sous les bandes roulantes de rives. Ce phénomène est potentiellement accentué par des décompressions probables des remblais en rive induites par des mouvements des murs tympan. Ces mouvements sont principalement causés par une pression des remblais augmentée par la présence de l'eau infiltrée et par une proximité des zones d'application des charges routières.

Par ailleurs, un diagnostic de présence de matériaux dangereux dans la chaussée a été réalisé sur l'ouvrage et au niveau des deux carrefours d'about. Le diagnostic conclut à l'absence d'amiante dans les enrobés et à la présence en plus ou moins grande quantité de HAP dans les enrobés. Les enrobés en rive gauche (plus colorés vers une teinte ocre) présentent un taux de HAP empêchant leur réutilisation à chaud (échantillon 2020-DL-17).



Figure 7 : Enrobés en rive gauche présentant un taux de HAP plus important

Les revêtements de trottoirs présentent des altérations de surface induits vraisemblablement par des infiltrations d'eau. Les pierres de rives ne présentent pas de désordres particuliers, si ce n'est des lacunes ponctuelles au niveau des consoles. Ces trottoirs devront faire l'objet de travaux de réhabilitation.

### 7.3.3 RESEAUX

Un réseau d'éclairage est composé de candélabres disposés en quinconce le long de l'ouvrage. L'écart entre les candélabres est d'environ 47,70 m. Le réseau d'alimentation est mis en applique dans un chemin de câble sur les faces amont et aval. Les mâts sont supportés par des consoles métalliques mises également en applique sur les faces amont et aval. L'inspection de l'ouvrage a permis d'identifier des désordres mineurs (manque de cache de boulons, points de corrosion console).



Figure 8 : Photos des candélabres et console support

Un réseau d'adduction d'eau potable (AEP) servant probablement à l'arrosage est disposé en applique dans un chemin de câble sur les faces amont et aval. Il remonte sur l'ouvrage au droit d'ancien poteau d'éclairage intégré dans les garde-corps.

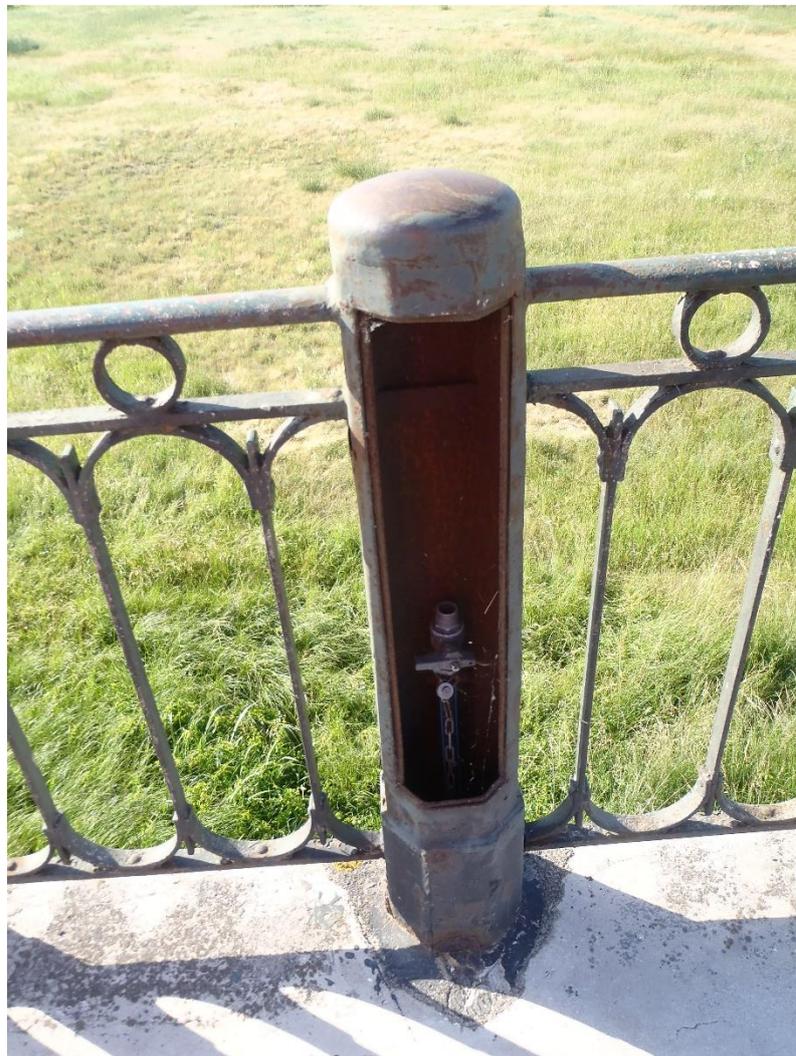


Figure 9 : Remontée de la conduite AEP sur l'ouvrage

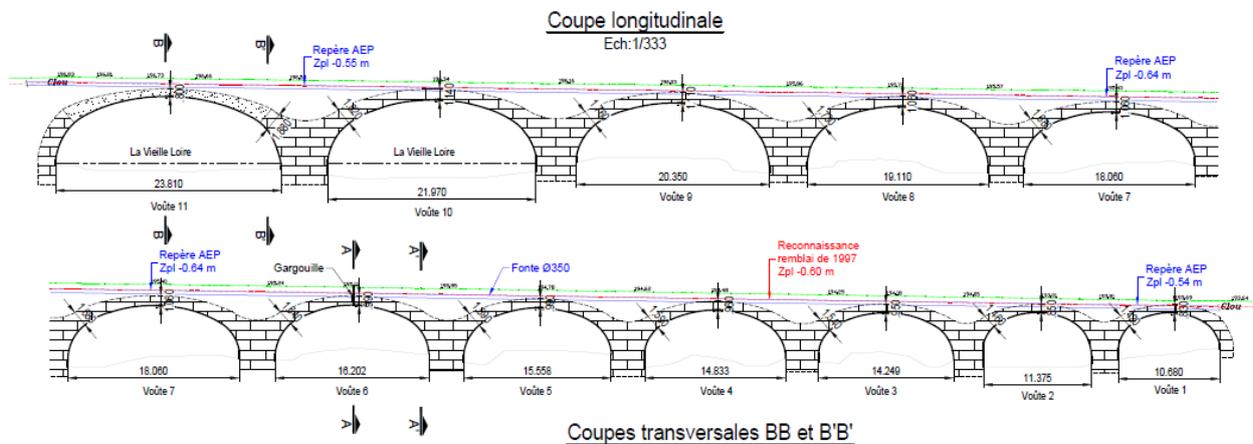


Un réseau télécom, identifié dans les DT, emprunte l'ouvrage. Les fourreaux sont disposés dans les remblais de l'ouvrage sous la chaussée. Une chambre de tirage L3T est implantée sous la bande de roulement en rive amont. Cette dernière présente des fissurations importantes de la structure béton et une dégradation importante de la chaussée autour du tampon.



Figure 10 : Photo de la chambre de tirage présente sur l'ouvrage

Un réseau d'adduction d'eau potable (AEP) d'un diamètre 350 mm, identifié dans les DT, emprunte également l'ouvrage. Ce dernier n'est pas visible. Néanmoins, l'analyse menée sur l'estimation de la géométrie structurale de l'extrados de l'ouvrage tend à montrer que le passage de ce réseau sur l'ouvrage impacterait toutes les voûtes sauf la V7 et la V11. La figure ci-dessous regroupe les données géométriques disponibles et la géométrie estimée de l'extrados. Les plans schématiques sont mis en annexe de la présente note.



### 7.3.4 ASSAINISSEMENT SUR L'OUVRAGE

L'ouvrage présente une chaussée avec un profil en pente unique de la rive gauche vers la rive droite. Sur l'ouvrage, le profil en travers est en toit. Le recueil des eaux se fait au niveau des fils d'eau des bordures des trottoirs. La pente d'environ 1,43 % permet l'évacuation des eaux à l'about de l'ouvrage en rive droite. Au niveau de la clé de voûte de la voûte 6, deux gargouilles, d'un diamètre de 100 mm environ, rejettent les eaux de chaussée dans le lit majeur de la Vieille Loire.



Gargouille vue de la chaussée



Gargouille vue en intrados

Figure 11 : Gargouille

En fonction de la solution de réhabilitation envisagée et des échanges avec les services instructeurs de l'Etat, le dispositif de gestion des eaux devra être amélioré pour éviter au maximum les rejets directs dans le milieu naturel. Ce point fera l'objet d'une étude détaillée dans les phases de conception.

## 7.4 SYNTHÈSE DES PRINCIPAUX TRAVAUX DE RÉHABILITATION À ENVISAGER

L'ouvrage ne présente pas de défauts structurels importants.

Les désordres observés sur l'ouvrage sont principalement induits par un défaut d'étanchéité. En effet, en cas de défaut d'étanchéité voire en l'absence d'étanchéité, les eaux de ruissellement sur la voie s'infiltrent dans le remblai structurel de l'ouvrage. Ce phénomène est d'autant plus marqué que la chaussée présente des désordres importants (orniérage en rive de la chaussée) sur tout le linéaire.

Les eaux ainsi infiltrées dans le corps du remblai, en l'absence de dispositif de drainage de ces derniers, s'y accumulent et impactent la structure. Les principaux désordres engendrés par ce défaut et visibles sur l'ouvrage sont :

- Dégradation des joints,
- Zones humides et coulures sur les parements,
- Altération des pierres humides soumises à des cycles de gel/dégel,
- Bombement des murs tympan et/ou décollement du bandeau dus à l'accroissement de pression sur les murs tympan.

Ainsi, les principaux travaux découlant de l'analyse des désordres vont consister à mettre en œuvre une étanchéité générale sur tout l'ouvrage et de procéder au renforcement des parties de l'ouvrage impactées. En substance, les principaux consisteront à :

- Comblent l'affouillement débutant au niveau de la pile P11,
- Intégrer une étanchéité générale dans l'ouvrage conduisant à déconstruire les superstructures existantes,
- Intégrer un dispositif de drainage des remblais avec la création de point de rejet au droit des appuis,
- Mettre en œuvre un dispositif de stabilisation des murs tympan de type tirants d'enserrement ou autre,
- Régénérer les maçonneries détériorées (ragréage) et mettre œuvre une protection des parements pour en assurer la pérennité,



- Déconstruire et reconstruire les structures des élargissements au niveau des abouts de l'ouvrage en fonction des aménagements projetés,
- Remettre en œuvre les superstructures et les équipements en accord avec les aménagements projetés des différentes solutions,
- Procéder aux travaux d'entretien courant (nettoyage, dévégétalisation, ...).

Ainsi, les travaux les plus importants consistant à mettre en œuvre une étanchéité, les travaux auront un impact important sur la circulation et les usages de l'ouvrage (réseaux, circulation, passage piéton, ...).



## 8 ANNEXES

---



## ANNEXE 1 – PLAN SCHÉMATIQUE DES RÉSEAUX

---



Nota 1 : ajout éclairage sur OA non présent dans les DT  
 Nota 2 : représentation schématique des plans, seules les DT font foi

Conduite d'assainissement EP	
Conduite d'assainissement EU	
Conduite d'assainissement EP+EU	
Conduite de refoulement	
Conduite d'eau potable (AEP)	
ENEDIS BT	
ENEDIS HTA	
ENEDIS BTA et HTA abandonnée	
GRDF	
Téléphone	
Téléphone aérien	
SIEEEN éclairage	
Arrosage	

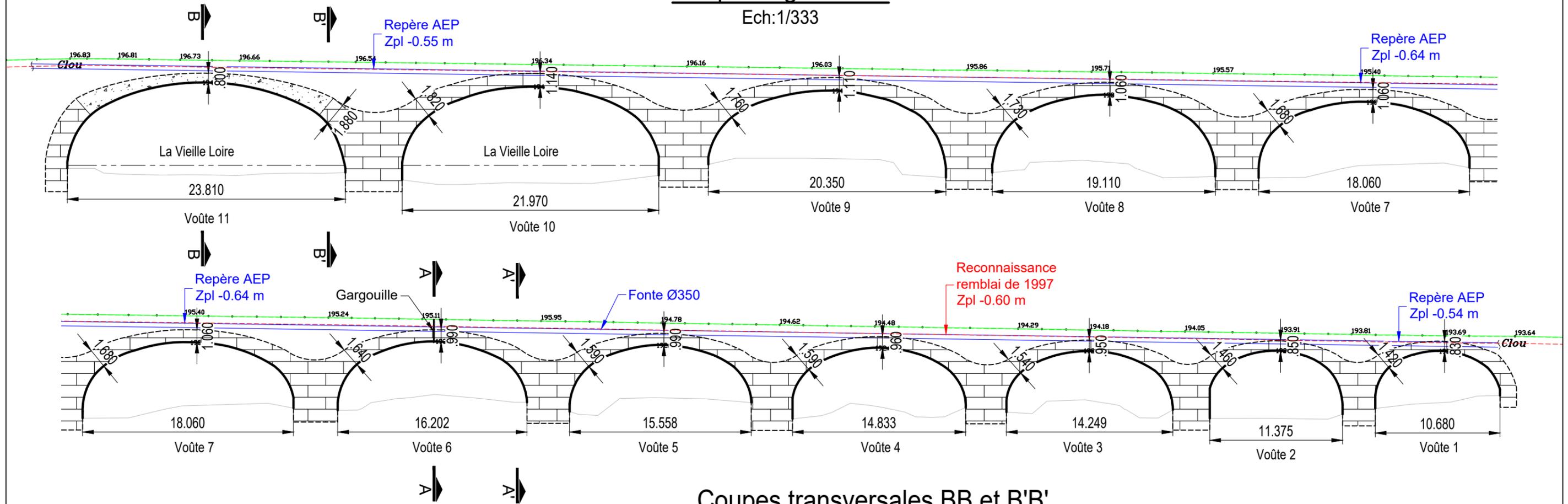


## **ANNEXE 2 – PLANS SCHÉMATIQUES DE LA SYNTHÈSE DES DONNÉES GÉOMÉTRIQUES CONNUES ET ESTIMÉES DE L'OUVRAGE**

---

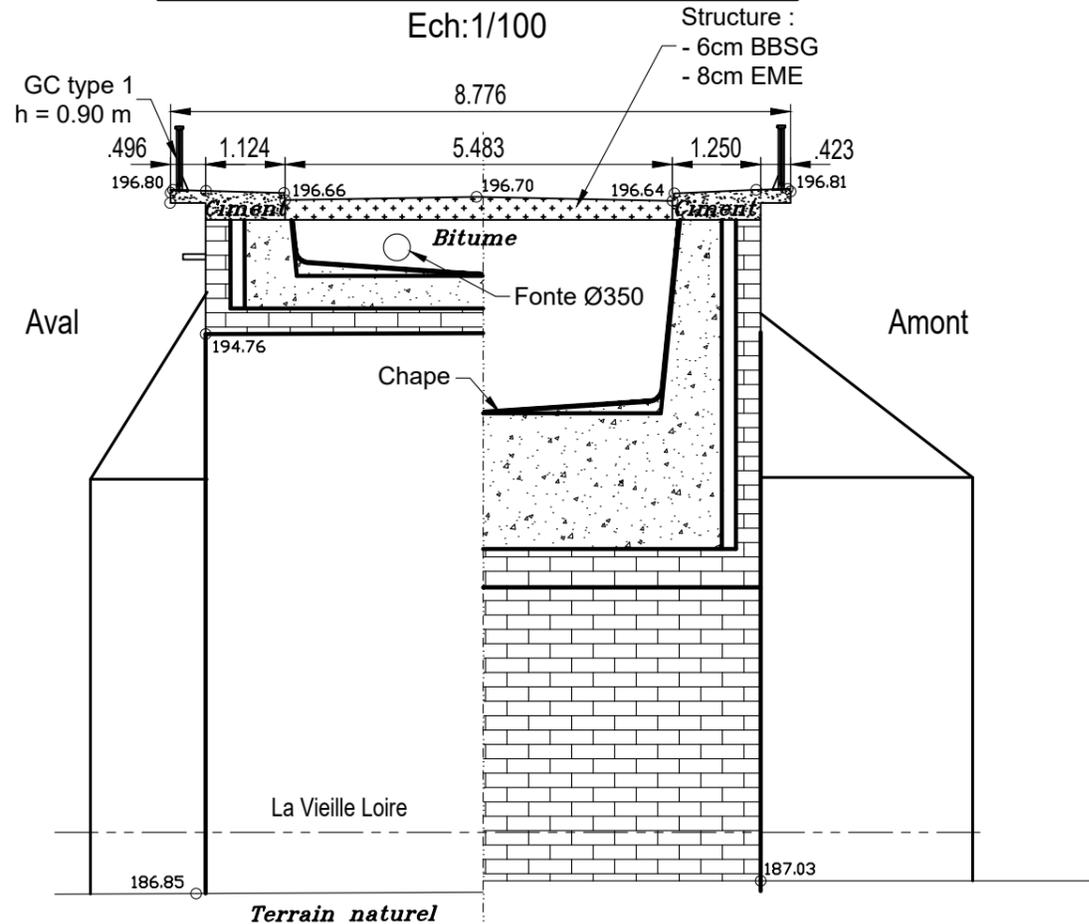
# Coupe longitudinale

Ech:1/333



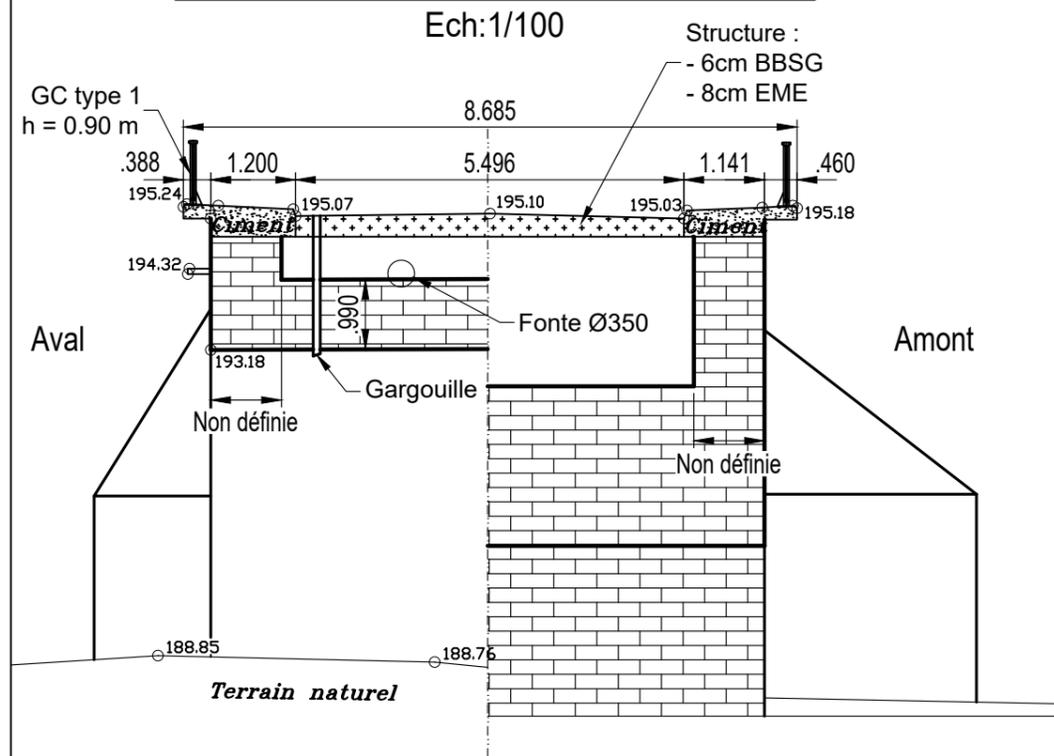
# Coupes transversales BB et B'B'

Ech:1/100



# Coupes transversales AA et A'A'

Ech:1/100



NOTA :  
 -Valeurs des épaisseurs de douelles estimées à partir de la formule de séjourné avec  $\alpha = 0.18$   
 -Position de la conduite AEP définie à partir des DT et d'un diamètre extérieur de 377 mm

