



DIR EST

**District de Besançon
CEI de Saint Laurent en Grandvaux**

MAITRISE D'ŒUVRE EXTERNALISEE POUR LES TRAVAUX D'ESOA EN DIR EST **Pont sur l'Ain – Cize (39) – RN5 PR70+100**



0 2 7	4 7 6 9 7	D	T	E T U	P R O	0 0 1	A - 01
N° société	N° d'Affaire	S	T	Phase étude	Sous Phase	N° de Pièce	Indice

ETUDES PRO

Indice	Date	Changements opérés	Établi par	Vérifié par	Approuvé par
A-01	07/10/2021	Etablissement du rapport – Première diffusion	LD	EE	DG

13 Quai KLEBER
67000 Strasbourg
Tél : 03 67 22 04 90
Mail : diades.strasbourg@diades.fr
Web : www.diades.fr



Révision du document

Indice	Date	Changements opérés
0-01	07/10/2021	Etablissement du rapport – Première diffusion

TABLE DES MATIÈRES

1 — INTRODUCTION	4
1.1 CONTEXTE	4
1.2 DOCUMENTS MISES A DISPOSITION	4
1.3 INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES	4
2 — PRESENTATION DE L'OUVRAGE	5
2.1 IDENTIFICATION DE L'OUVRAGE	5
2.2 LOCALISATION	6
3 — ETUDE DE L'OUVRAGE	7
3.1 RESUME DES CONSTATS DE L'INSPECTION DETAILLEE PERIODIQUE DE 2019	7
3.2 RESUME DES CONSTATS A LA SUITE DE LA VISITE DIADES	8
3.3 HISTORIQUE ET CONSISTANCE DES TRAVAUX REALISES	12
4 — RESULTATS DES INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES	13
4.1 INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES ENVISAGEES	13
4.2 DONNEE DU TRAFIC	13
4.3 MESURE D'EPAISSEURS DE CHAUSSEE	13
4.4 DIAGNOSTIC BETON	14
4.5 DIAGNOSTIC AMIANTE/HAP DANS ENROBE	18
4.6 DIAGNOSTIC AMIANTE / PLOMB DES PEINTURES DES GARDE-CORPS	18
4.7 RELEVÉ TOPOGRAPHIQUE DE L'OUVRAGE	19
5 — CONTRAINTES	20
5.1 CONTRAINTES D'EXPLOITATION	20
5.2 CONTRAINTES DE RESEAUX	20
5.3 CONTRAINTES D'ACCES	21
6 — DESCRIPTION DES TRAVAUX	22
6.1 EXPLOITATION EN PHASE CHANTIER ET BALISAGE	22
6.2 TRAVAUX PREPARATOIRES	22
6.3 REFECTION DE L'ETANCHEITE	23
6.4 RENOUELEMENT DE L'ENROBE	24
6.5 REMPLACEMENT DES JOINTS DE CHAUSSEE PAR DES JOINTS MONOBLOCS	25
6.6 VERINAGE, REMPLACEMENT DES APPAREILS D'APPUI ET RECONSTRUCTION DES BOSSAGES	27
6.7 PROTECTION CATHODIQUE	30
6.8 TRAITEMENT DES FISSURES PAR INJECTION ET CALFEUTREMENT	42
7 — PLANNING	43
8 — METRE ET CHIFFRAGE	45
9 — ANNEXES	46
9.1 PLANS DE PRINCIPE DES TRAVAUX	46

TABLES DES FIGURES

Figure 1 - Identification de l'ouvrage et caractéristiques généraux	5
Figure 2 - Coupe longitudinale et coupe transversale dans l'ouvrage (documents d'archive)	6
Figure 3 - Plan de localisation de la commune de Cize (source Géoportail)	6
Figure 4 - Plan de localisation de l'ouvrage (source Géoportail)	7
Figure 5 - Présence d'écaillage du revêtement de protection anti-corrosion et boulons corrodés sur les garde-corps	8
Figure 6 - Absence de traitement de l'interface entre joint de chaussée et joint de trottoir et dégradation des solins	9
Figure 7 - Présence d'éclats de béton avec aciers apparents corrodés et joint de trottoir dégradé et encombré	9
Figure 8 : Altération générale de la chaussée	10
Figure 9 - Présence d'éclats de béton avec aciers apparents corrodés au niveau des culées	10
Figure 10 - Présence de corrosion sur les plaques métalliques des appareils d'appui	11
Figure 11 - Eclat de béton à l'intérieur du caisson et présence de traces d'humidité sur le parement extérieur	11
Figure 12 - Tableau récapitulatif de la moyenne annuelle du trafic routier (source DE Besançon)	13
Figure 13 - Résultats des épaisseurs de chaussée (CEREMA 2019)	13
Figure 14 : Zonage et consistance des prélèvements/analyses	14
Figure 15 : Résultats du diagnostic béton – Enrobage du ferrailage (GINGER CEBTP)	15
Figure 16 : Résultats du diagnostic béton – Enrobage du ferrailage (GINGER CEBTP)	16
Figure 17 : Cartographie de potentiels	17
Figure 18 - Tableau de synthèse des résultats des mesures sur le Pont sur l'Ain	18
Figure 19 - Conclusion sur les résultats du diagnostic Plomb dans les garde-corps	19
Figure 20 - Itinéraire de déviation possible par l'ancienne RN5	20
Figure 21 - Récépissé de DT ORANGE	21
Figure 22 - Aire d'installation de chantier au droit de la chaussée de la RN5	23
Figure 23 : Illustration de l'étanchéité à mettre en œuvre sur l'ouvrage	24
Figure 24 : Exemple de raboteuse d'enrobé	24
Figure 25 : Exemple de Mise en œuvre de l'enrobé au finisher	25
Figure 26 : Représentation du joint monobloc	26
Figure 27 : Positionnement des plaques d'ancrage en about de tablier	26
Figure 28 : Plan des appareils d'appuis sur culée - extrait du dossier d'ouvrage	27
Figure 29 : Dimensions d'appareils d'appuis sur piles	28
Figure 30 : Illustration - surfaces de parement disponibles	33
Figure 31 : Elévation de l'ouvrage	34
Figure 32 : Exemple de zone localement dégradées à réparer	36
Figure 33 : Exemple de rainures réalisées à la lance d'hydrodémolition	37
Figure 34 : Illustration de la mise en place d'une anode discrète	38
Figure 35 : Electrode de Référence Mn/MnO ₂ et Sonde de dépolarisation en TI/MMO	38
Figure 36 : Goulotte en Alu type NIEDAX - Gamme GP	39

Figure 37 : Exemple de centrale de mesure / Implantation de la centrale de mesure sur l'ouvrage

40

1 — INTRODUCTION

1.1 Contexte

Le présent rapport s'inscrit dans l'accord-cadre conclu entre la DIR Est et DIADES, portant sur des missions de maîtrise d'œuvre pour des travaux d'entretien spécialisé d'ouvrage d'art.

La présente mission porte sur la réalisation d'une étude **PRO** relative aux travaux de réparation du Pont sur l'Ain, situé sur la RN5 au PR70+100 sur le territoire de la commune de Cize (39300). Elle se base sur l'analyse des données d'entrée remises par la DIR EST et les observations faites lors de la visite de l'ouvrage réalisée par DIADES.

Ce rapport PRO fait suite aux études AVP relatives aux joints de chaussée, rendues le 30/04/2021, et validées par le MOA. Ce dernier a statué sur le remplacement des joints de chaussée actuels par des **joints monoblocs**.

Cette étude aborde également les solutions techniques de traitement envisageables concernant les autres pathologies de l'ouvrage, et décrit les méthodologies de mise en œuvre en fonction des contraintes afin d'atteindre les objectifs de réparation et assurer la pérennité de l'ouvrage. Les préconisations de travaux prennent en compte les contraintes d'exploitation et les contraintes environnementales spécifiques du site.

Le rapport présente enfin, le coût prévisionnel du programme des travaux, les conditions d'exploitation en phase chantier, le phasage et le planning prévisionnel des travaux.

1.2 Documents mises à disposition

Dans le cadre de cette mission, les données d'entrée mises à disposition par la DIR Est sont listées ci-dessous :

- L'Inspection Détaillée Périodique (IDP) de 2019,
- Le Procès-Verbal de visite IQOA de 2019,
- Les données de trafic de la RN5,
- Les plans d'archive de l'ouvrage,
- Rapport de mesures d'épaisseur enrobé 2019,
- Les données sur les travaux de réparation de 2003.

1.3 Investigations complémentaires

Après l'analyse des documents disponibles, et pour compléter les données d'entrées, Diadès a demandé la réalisation d'investigations complémentaires, à savoir :

- Diagnostic des bétons de l'ouvrage (pour les travaux de réparation de l'ouvrage et non pas pour l'AVP des joints de chaussée),
- Diagnostic Amiante / Plomb dans les peintures des garde-corps
- Relevé topographique de l'ouvrage.

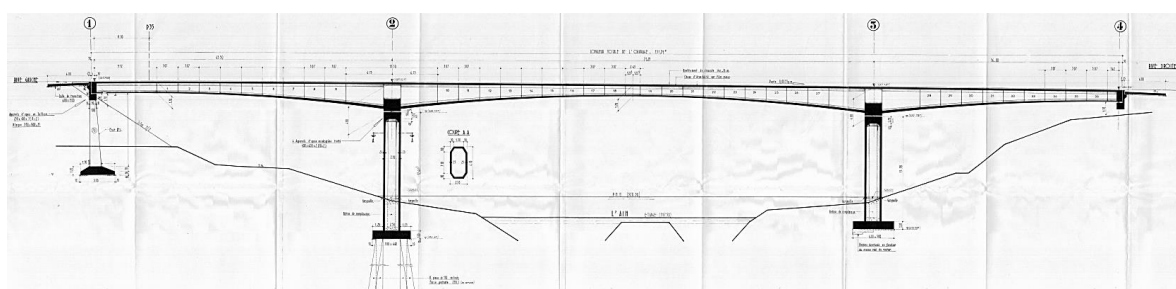
2 — PRESENTATION DE L'OUVRAGE

2.1 Identification de l'ouvrage

L'ouvrage OA 05 70 0100 – Pont sur l'Ain porte la RN5 et permet de franchir la rivière l'Ain. Sa mise en service a été réalisée en 1973.

IDENTIFICATION DE L'OUVRAGE	
Date de construction	1973
Type de structure	Pont caisson à inertie variable
Nature des matériaux	Béton précontraint pour le tablier Béton armé pour les piles et culées
Biais	100 grades
Portées	Travée RG : 43,50 Travée centrale : 71,21 m Travée rive droite : 36,0 m Soit au total : 150,71m
Longueur totale de l'ouvrage	151,7 m
Largeur du tablier	10m
Nombre d'appuis	4
Appareils d'appuis	N néoprène fretté avec des plaques de glissement uniquement au niveau des culées
Dispositifs de retenue	Glissière GS2 + garde-corps type S8
Modèle de joint de chaussée	CIPEC Wd 80F

Figure 1 - Identification de l'ouvrage et caractéristiques générales



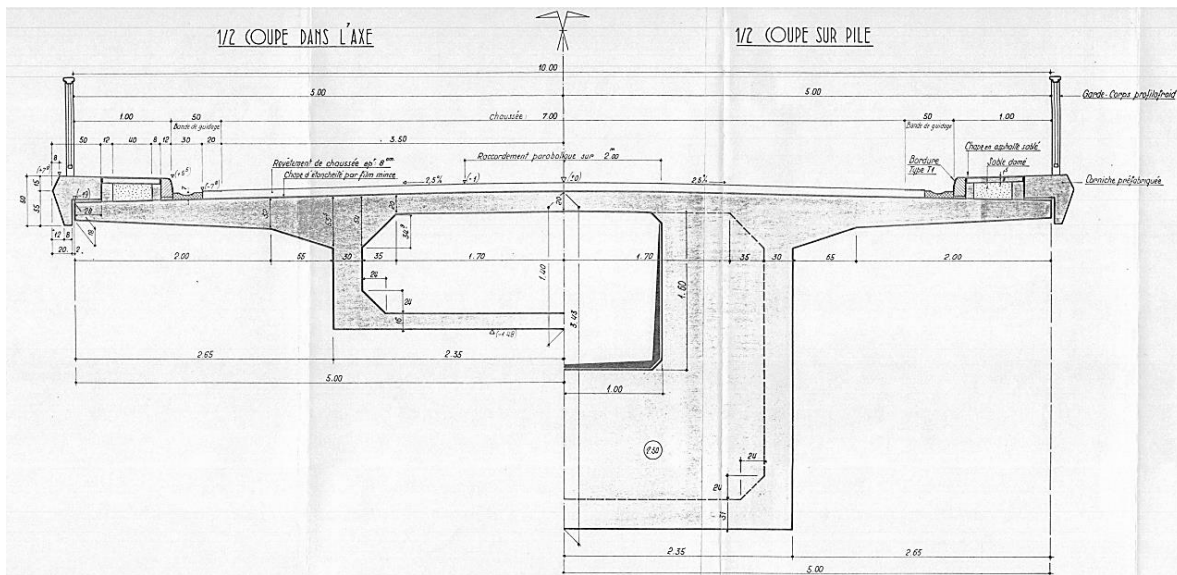


Figure 2 - Coupe longitudinale et coupe transversale dans l'ouvrage (documents d'archive)

2.2 Localisation

L'ouvrage OA 5 70 0100 – Pont sur l'Ain se situe sur la commune de Cize dans le Jura (39). Il porte la RN5 au niveau du PR70+100 et permet le franchissement de la rivière de l'Ain.

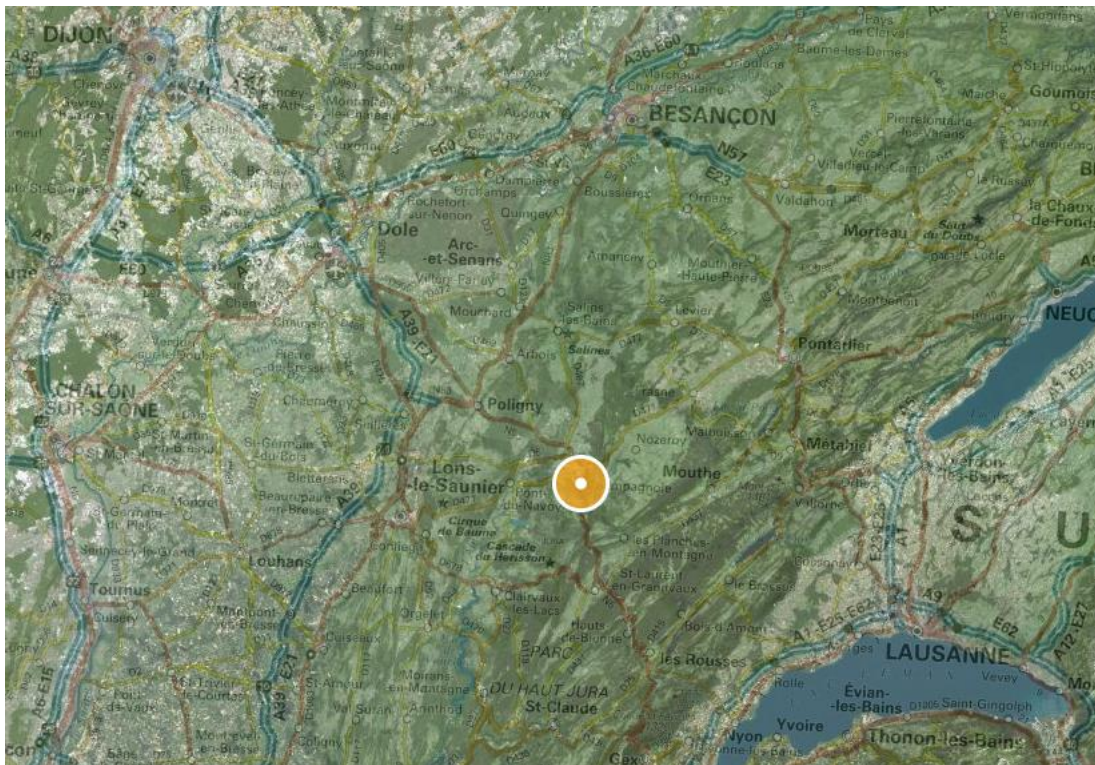


Figure 3 - Plan de localisation de la commune de Cize (source Géoportail)

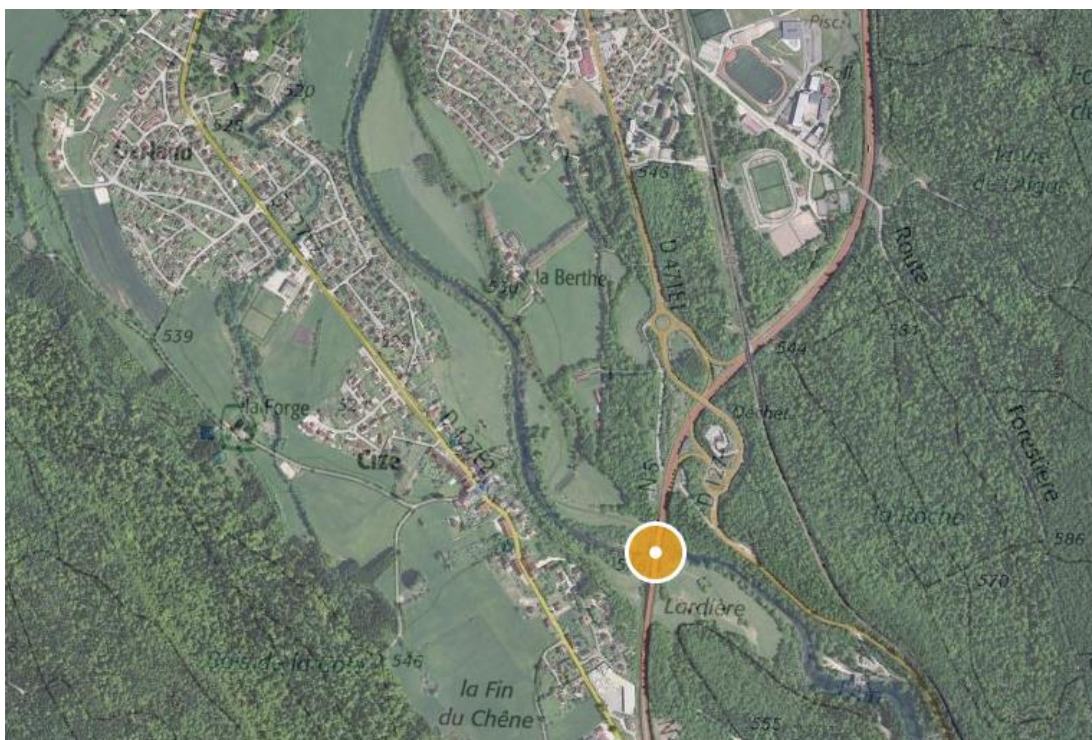


Figure 4 - Plan de localisation de l'ouvrage (source Géoportail)

3 — ETUDE DE L'OUVRAGE

3.1 Résumé des constats de l'Inspection Détaillée Périodique de 2019

Les inspecteurs en charge de l'IDP de 2019 sont intervenus entre les mois de mars et avril 2019 sur le Pont sur l'Ain à Cize. Le temps était pluvieux lors de la visite extérieure avec une température moyenne de 11°C.

Les conclusions et préconisations de l'Inspection Détaillée Périodique sont listées ci-après :

- Suivi normal de la structure de l'ouvrage avec une attention particulière sur la fissuration, qui ne présente d'évolution ni en nombre ni en ouverture, sur l'ensemble de l'ouvrage et en particulier au niveau des entretoises et des culées,
- Protection des gaines de précontrainte apparentes au niveau des nids de cailloux du hourdis inférieur des travées de rive et centrale,
- D'importantes arrivées d'eau ont été constatées au niveau des culées. Ces dernières peuvent engendrer une accélération du processus de dégradation de l'ouvrage. Par ailleurs, la réalisation de travaux au niveau des murs garde-grève et en sous-face des entretoises est difficilement réalisable en l'état. Par conséquent, la mise en place de joint de chaussée et joint de trottoir étanche devra être effectuée permettant de protéger ces zones ; leur étanchéité devra être contrôlée à chaque visite d'ouvrage,
- Recommandation de réaliser une étude à court terme afin de revoir complètement la conception des culées en apportant des modifications (reculs des murs garde-grève, accès à l'arrière du caisson, etc.).
- Réfection complète de l'étanchéité sur l'ouvrage compte tenu des importantes infiltrations et venues d'eau relevées entre la corniche et l'extrémité de la dalle,
- Des éclats de béton avec ou sans aciers apparents corrodés, à l'intérieur et à l'extérieur du caisson, devront faire l'objet d'un traitement spécifique visant à pérenniser la structure,

- Mise en œuvre d'une goutte d'eau en extrémité des encorbellements pour limiter les venues d'eau.

3.2 Résumé des constats à la suite de la visite DIADES

Le 29 juillet 2020, une équipe DIADES s'est rendue sur le site de l'ouvrage d'art OA 5 70 0100 – Pont sur l'Ain à Cize. Par temps ensoleillé, le site était facilement accessible. Plusieurs constats sur l'ouvrage ont été effectués lors de cette visite, ils sont détaillés ci-après.

Au niveau de l'extrados de l'ouvrage, plusieurs constats ont été effectués. Les garde-corps, galvanisés et dotés d'une couche de finition peinture, présentent un écaillage important. La couche de finition est en mauvais état mais la galvanisation ne montre aucun signe de dégradation/corrosion. Par conséquent, l'écaillage de la protection anti-corrosion ne génère aucun impact sur la pérennité des garde-corps. Quelques traces de corrosion ont été identifiées au niveau des boulons des platines de fixation du dispositif de retenue.



Figure 5 - Présence d'écaillage du revêtement de protection anti-corrosion et boulons corrodés sur les garde-corps

Composé de joints de trottoir et de joint de chaussée, le dispositif de dilatation de l'ouvrage présente plusieurs pathologies. Le béton au niveau des solins est fortement dégradé et quelques éclats de béton ont été identifiés. Certains ont déjà fait l'objet de réparation.

Le dispositif de dilatation de l'ouvrage n'est pas étanche. En effet, de nombreuses venues d'eau et infiltrations ont été identifiées au droit des joints pouvant conduire à une accélération du processus de dégradation de l'ouvrage. De plus, aucun traitement ne semble être mis en place à l'interface entre les joints de chaussée et les joints de trottoir ce qui peut engendrer d'importants écoulements en intrados. Présentant une forme de « toit », la chaussée provoque des écoulements d'eau directement vers la bordure de trottoir. Etant fortement encombrés, les regards avaloirs ne remplissent plus leur rôle et les écoulements se font au niveau de l'interface non-traitées du dispositif de dilatation de l'ouvrage.

Les joints de chaussée et joints de trottoir sont aussi fortement détériorés et présente un encombrement important.



Figure 6 - Absence de traitement de l'interface entre joint de chaussée et joint de trottoir et dégradation des solins

Quelques éclats de béton, avec ou sans aciers apparents corrodés ont été également identifiés au niveau des bordures de trottoir et des joints de trottoir. Ces éclats sont principalement dus aux actions physico-chimiques de l'environnement ainsi qu'à des défauts de mise en œuvre au droit du joint de trottoir. Ils peuvent également avoir été engendrés par des heurts avec des véhicules.



Figure 7 - Présence d'éclats de béton avec aciers apparents corrodés et joint de trottoir dégradé et encombré

Enfin, la chaussée de l'ouvrage présente une altération générale. Quelques zones d'arrachement de chaussée ont été identifiées avec la formation de moyennes pelades.



Figure 8 : Altération générale de la chaussée

Au niveau de l'intrados de l'ouvrage, plusieurs pathologies ont été relevées. De nombreuses dégradations du béton ont été identifiées au niveau des culées et murs de garde-grève : fissuration et éclats de béton avec des aciers apparents corrodés sur des surfaces étendues avec des ouvertures d'environ 0,4 mm.

Ces désordres, pouvant fragiliser localement le béton et engendrer une accélération du processus de dégradation. Il convient donc de les traiter à court terme pour garantir la pérennité de l'ouvrage.



Figure 9 - Présence d'éclats de béton avec aciers apparents corrodés au niveau des culées

Toujours au niveau des culées, les appareils d'appui présentent des signes de corrosion avancés. En effet, datant de 1973, date de mise en service de l'ouvrage, les appareils d'appui n'ont fait l'objet d'aucun remplacement à ce jour. Les plaques métalliques en-dessous des néoprènes frettés sont donc fortement corrodées. Cette corrosion est accélérée par des venues d'eau depuis le dispositif de dilatation de l'ouvrage.

Les bossages inférieurs des appareils d'appuis sont marqués par des tâches et des coulures de rouille importantes, avec la présence de quelques éclats notamment sur l'angle supérieur des bossages.

Vu l'état critique des appareils d'appuis, le remplacement de ces derniers avec la reconstitution des bossages inférieurs est forcément recommandé.



Figure 10 - Présence de corrosion sur les plaques métalliques des appareils d'appui

Enfin, le tablier en caisson présente quelques dégradations. A l'intérieur des caissons, des infiltrations d'eau ainsi que des éclats de béton ont été identifiés. A l'extérieur des caissons, d'importantes traces d'humidité et de ruissellement ont été constatées. Ces venues d'eau semblent provenir des rives des encorbellements. En effet, l'absence de larmier provoque un écoulement au niveau de l'intrados de l'ouvrage. Les traces d'humidité quant à elles semblent causées par un défaut au niveau du système d'étanchéité.



Figure 11 - Eclat de béton à l'intérieur du caisson et présence de traces d'humidité sur le parement extérieur

A la suite de cette, il faut noter que l'ouvrage est dans un **état général moyen avec quelques parties en mauvais état**. Des dégradations ont été relevées, principalement au niveau des joints de chaussée, des appareils d'appuis et au niveau des culées. Ces désordres sont principalement dus à des infiltrations d'eau et/ou à une usure importante des équipements liée à un défaut d'entretien courant.

Les joints de chaussée et joints de trottoir composant le dispositif de dilatation de l'ouvrage présentent des dégradations avancées. Les solins en béton sont en mauvais état et le joint est particulièrement

encombré. De plus, des venues d'eau en provenance du dispositif de dilatation ont été relevées en intrados de l'ouvrage traduisant d'un défaut d'étanchéité. En plus, l'absence de traitement entre les joints de chaussée et joints de trottoir crée un « passage » pour les écoulements d'eau. Leur remplacement est donc nécessaire.

Le revêtement de protection anti-corrosion des garde-corps présente un écaillage important. Néanmoins, la galvanisation est dans un état satisfaisant et permet d'assurer la protection du dispositif de retenue. Une surveillance normale de l'évolution de ce désordre est tout de même nécessaire pour détecter toutes traces d'amorce de corrosion sur les garde-corps.

Les appareils d'appui, et plus particulièrement les plaques métalliques des appareils d'appui, présentent une importante corrosion. N'ayant pas fait l'objet de remplacement depuis environ 50 ans, ces derniers sont fortement dégradés par les actions physico-chimiques de l'environnement mais aussi et surtout par les écoulements d'eau en provenance des joints de chaussée. Leur remplacement est donc nécessaire avec la reconstitution des bossages inférieurs qui présentent des éclats et des coulures de rouilles importante.

Le parement extérieur ainsi que la face supérieure à l'intérieur du caisson présentent d'importantes traces d'écoulement. Ces traces semblent être issues d'un défaut du système d'étanchéité mais aussi de l'absence de larmier en encorbellement. Une réfection totale de l'étanchéité est nécessaire pour assurer la pérennité de l'ouvrage. Lors pose d'un larmier devra être envisagée lors de la prochaine campagne de travaux.

Les désordres constatés aux abouts de l'ouvrage, sont dues principalement à la défaillance d'étanchéité des joints de dilatation et notamment à l'interface entre les joints de chaussée et les joints de trottoir qui engendre d'importants écoulements en intrados. Une étude AVP relative aux travaux de remplacement des joints de chaussée, et avec approbation du MOA, a statué sur la mise en place des joints monoblocs. Il s'agit de joints mieux étanches que les joints classiques, qui sont en outre continuent de longrine à longrine sans aucune boulonnerie.

De nombreux éclats de béton avec ou sans aciers apparents corrodés ainsi que des fissures ont été relevés sur l'ensemble de l'ouvrage, notamment au niveau des sommiers des culées et les murs de garde-grève. Ces désordres sont dus essentiellement aux venues d'eau causés par la défaillance des dispositifs de dilatation présents. Le remplacement de ces derniers aidera à ralentir la corrosion des aciers, mais ne stoppera pas le processus déjà amorcé. Afin de pérenniser cette partie d'ouvrage, elle doit faire objet d'un traitement spécifique.

3.3 Historique et consistance des travaux réalisés

L'ouvrage date de 1972 (environ 50 ans) et n'a fait l'objet que de peu de réparations. Le système d'étanchéité a été refait il y a environ 30 ans et n'a fait l'objet d'aucun renouvellement depuis. Le vieillissement de l'étanchéité explique donc la présence de traces d'humidité en intrados et à l'intérieur du caisson.

Une campagne de travaux de réparation a été menée en 2003. Cette campagne concernait les équipements de sécurité sur l'ouvrage. Une vérification de la stabilité des glissières de sécurité a été réalisée en parallèle du remplacement des corniches béton et des garde-corps.

A la suite de la visite de l'ouvrage réalisée par DIADES durant le mois de juillet 2020, des travaux de réfection de l'enrobé ont été réalisés. En effet, ces derniers, effectués durant le mois de septembre 2020 par EUROVIA, visaient au remplacement complet des enrobés permettant ainsi d'éliminer les traces d'amiante précédemment repérées. L'ouvrage est donc doté d'un nouvel enrobé. Néanmoins et à la suite de nos échanges avec le CEI de Saint Laurent en Grandvaux, le système d'étanchéité n'a lui, pas été repris.

4 — RESULTATS DES INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES

4.1 Investigations complémentaires envisagées

Afin de mener à bien cette étude et de préconiser des travaux de réparation adaptés, des investigations complémentaires sont nécessaires. Elles s'accompagnent également de complément d'informations permettant de comprendre les enjeux de cet ouvrage. Les investigations sont :

- Données sur le trafic routier,
- Diagnostic des bétons de l'ouvrage,
- Diagnostic Amiante / HAP dans les enrobés,
- Diagnostic Amiante / Plomb dans les peintures des garde-corps,
- Relevé topographique de l'ouvrage.

4.2 Donnée du trafic

Pour rappel, l'ouvrage se situe sur la commune de Cize dans le département du Jura (39). Il permet le franchissement de la rivière l'Ain et porte la RN5 entre Poligny et la frontière Suisse. C'est donc un axe transfrontalier important pour le département.

N5	39	Vaux sur Poligny	47+300	5 524	10,00 %	536	2,30%	10,29%	5 400	9	486	6,09%	-4,52%
N5	39	Saint Laurent	88+600	5 958	7,00 %	403	0,82%	13,66%	5 910	6	355	18,20%	18,20%
N5	39	Les Rousses	107+280	8 665	4,00 %	311	-0,97%	-11,14%	8 750	4	350	Déplacement et réinstallation de la station en 2017	

Figure 12 - Tableau récapitulatif de la moyenne annuelle du trafic routier (source DE Besançon)

Par le biais du tableau ci-dessus transmis par le District de Besançon, on constate que le trafic routier au niveau de Saint Laurent en Grandvaux représente environ 6000 véhicules par jour dont 400 poids lourds.

La RN5 est donc une voie de communication importante et assure une desserte locale essentielle entre le département du Jura et la Suisse. Des dispositions spécifiques seront donc nécessaires sur l'ouvrage afin d'assurer une déviation de la circulation durant les travaux tout en minimisant la gêne des utilisateurs.

4.3 Mesure d'épaisseurs de chaussée

Lors de l'IDP de l'ouvrage en 2019, le CEREMA a effectué des mesures radar sur la chaussée pour fournir une estimation des épaisseurs de chaussée sur **la voie aval** de l'ouvrage.

Les signaux du radar ont détecté une chape B3A, qui a la particularité de comporter une feuille d'aluminium gaufrée dans sa structure. Cette feuille, située entre la feuille d'étanchéité proprement dite (épaisseur de quelques millimètres) et la couche de protection en asphalté gravillonné (épaisseur théorique de 2,5 cm) agit comme un réflecteur parfait et **c'est sa position qui est déterminée par les mesures radar**.

Les épaisseurs estimées sur la voie aval sont résumées dans le tableau ci-dessous (profils longitudinaux).

Estimation des épaisseurs (cm)				
	B3A (feuille aluminium)		CHAUSSÉE	
	Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type
BRD	10,7	2,0	7,7	2,0
AXE	10,9	2,0	7,9	2,0
BRG	10,3	2,0	7,3	2,0

Figure 13 - Résultats des épaisseurs de chaussée (CEREMA 2019)

Les mesures radars menées hors OA côté Champagnole confirme que la **fracture transversale sur la chaussée n'a aucun lien avec la dalle de transition**.

4.4 Diagnostic Béton

Sous le pilotage et la coordination du MOE, le diagnostic béton a été réalisé par la société GINGER CEBTP. Le zonage des échantillons est présenté ci-dessous :

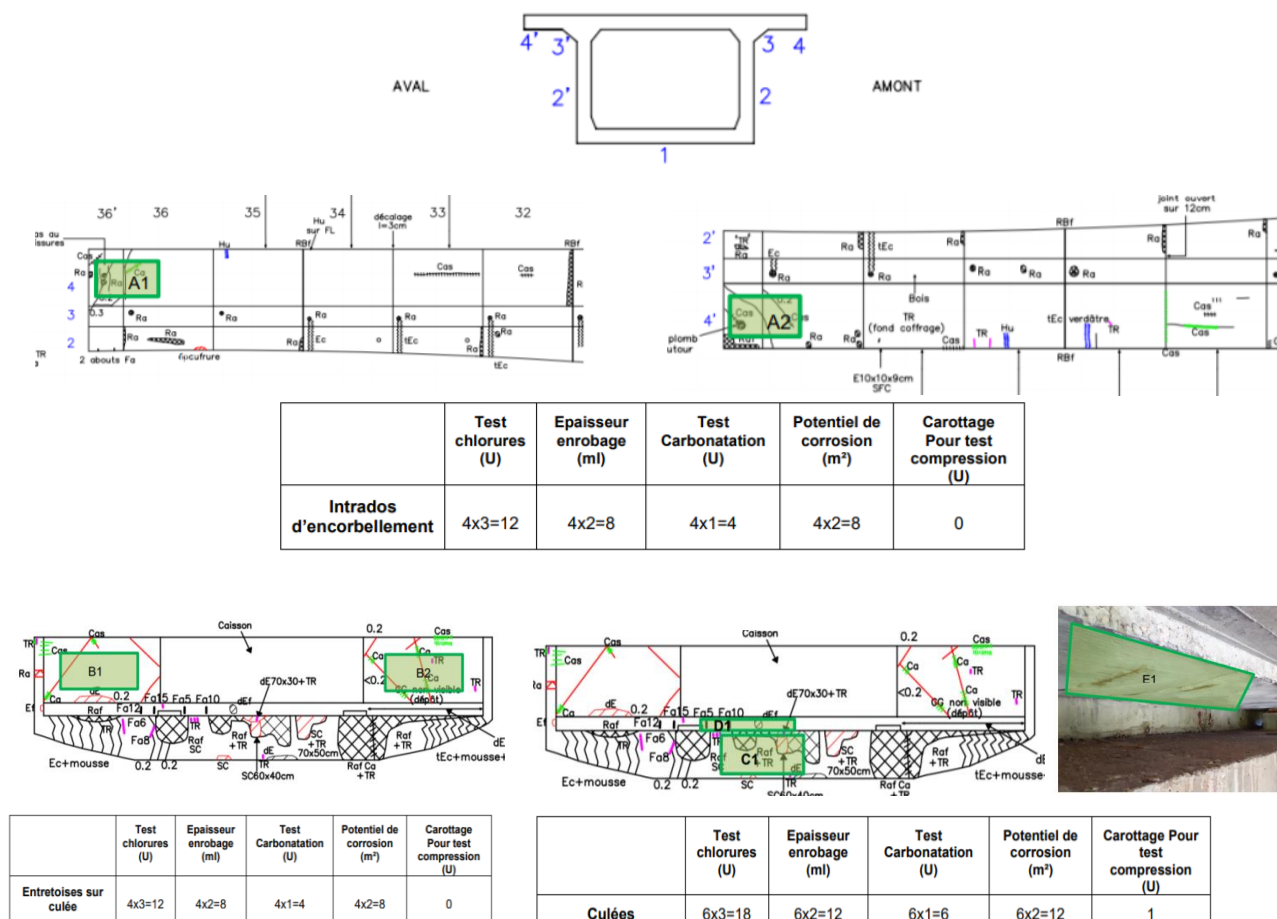


Figure 14 : Zonage et consistance des prélèvements/analyses

Les résultats du diagnostic béton sont présentés ci-après :

Qualité du béton

- Le béton est composé de granulats de type calcaire roulés. Le diamètre maximal des granulats relevés sur les échantillons prélevés est de 16 mm pour la carotte C1.
- La résistance à la compression du béton obtenue par écrasement de prélèvements de 40MPa est cohérente avec ce type d'ouvrage. Le fascicule 65 exige une classe du béton minimale C35/45 pour une classe d'exposition XD3.
- Les valeurs de porosité et de densité du béton estimées sur l'échantillon prélevé (13.8% et 2.28 respectivement) sont légèrement différentes de celles exigées sur le fascicule 65.

Ferraillage

- Les enrobages des armatures sont globalement faibles. 90% des enrobages sont inférieurs au minimum exigé par le fascicule 65 pour un béton avec une classe d'exposition XD3 et classe structurale S6 (55 mm).
- Les enrobages les plus faibles (inférieurs à 25 mm) se trouvent principalement sur la culée Sud sur les zones A3, A4, B3 et D2.

Localisation	Zone	Dir X	Dir Y
INTRADOS	A1	HA8	HA8
	A2	HA8	HA8
	A3	HA8	HA8
	A4	HA8	HA8
ENTRETOISES	B1	HA8	HA12
	B2	HA8	HA12
	B3	HA8	HA12
	B4	HA8	HA12
CULEES	C1	HA16	2HA12
	C2	HA16	HA12
	D1	RL10	2RL10
	D2	-	2RL10
	E1	HA12	-
	E2	HA12	HA12

	Armatures	Mini (mm)	Maxi (mm)	Moyen (mm)	Ecart-type (mm)
Enrobage	Dir X	13	85	40	15
	Dir Y	10	73	28	15
Espacement	Dir X	2	75	26	21
	Dir Y	5	42	24	4

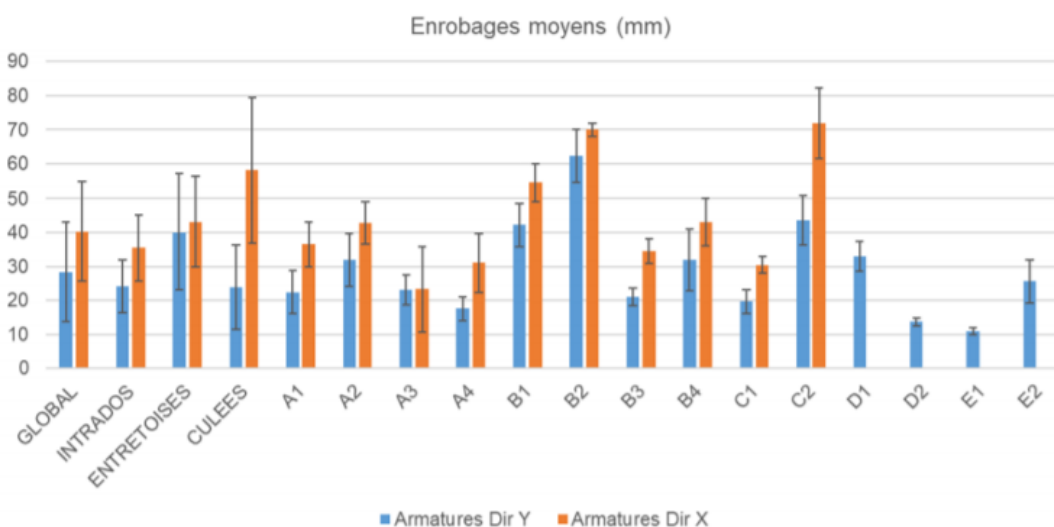


Figure 15 : Résultats du diagnostic béton – Enrobage du ferrailage (GINGER CEBTP)

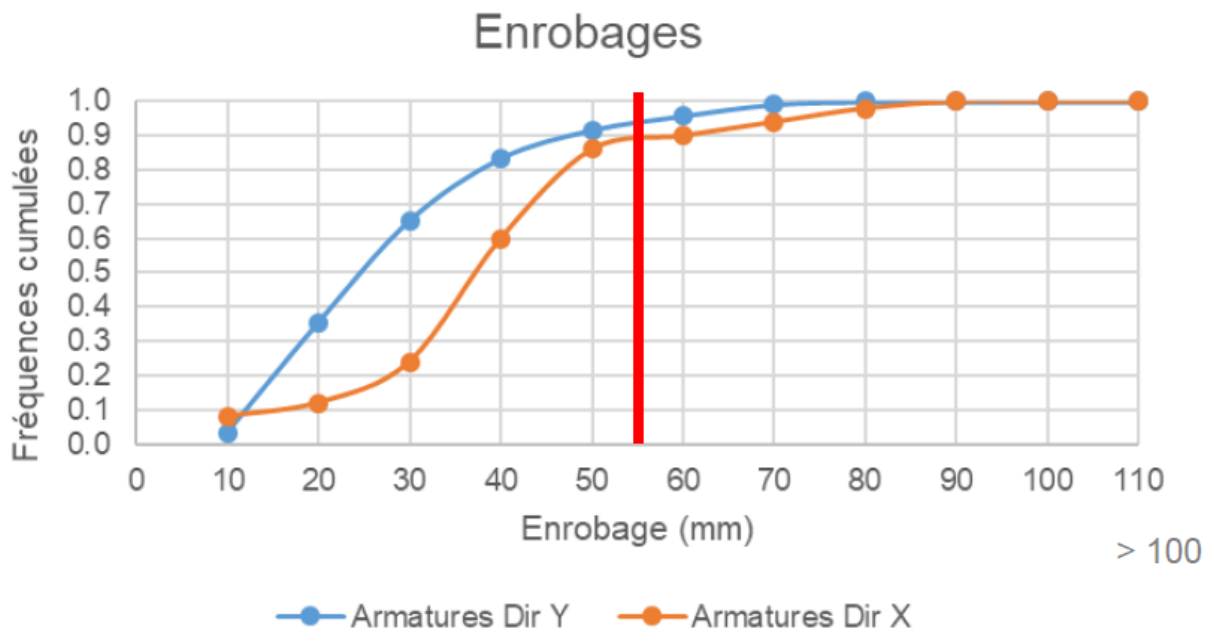


Figure 16 : Résultats du diagnostic béton – Enrobage du ferrailage (GINGER CEBTP)

Evaluation du risque de corrosion

Le risque de corrosion est évalué à travers l'analyse des cartographies de potentiels couplée avec les résultats de mesure de profondeur de carbonatation et de de taux de chlorures libres.

- La teneur en chlorures libres est supérieure au seuil pouvant amorcer la corrosion des armatures essentiellement au niveau des culées, sur au moins 6 cm de profondeur. Au moins 88% des enrobages des armatures sont inférieurs à la profondeur affectée sur chaque zone.
- Essentiellement au niveau des culées et ponctuellement en intrados, la carbonatation a été identifiée, avec 100% des enrobages sur les zones affectées sont inférieurs à la profondeur carbonatée mesurée et contient une teneur en chlorures au-dessus du seuil admissible sur au moins 4 cm.
- Ainsi, les gradients de potentiels montrent un risque de corrosion très important au niveau des culées. Ce qui est confirmé par les sondages ponctuels de reconnaissance.

Les cartographies de potentiels sont illustrées ci-après.

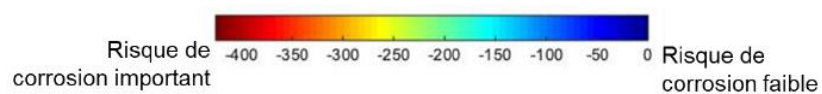
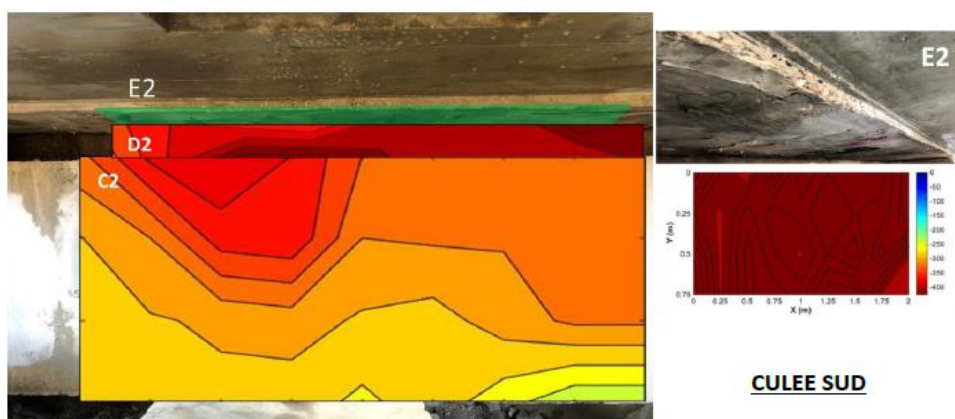
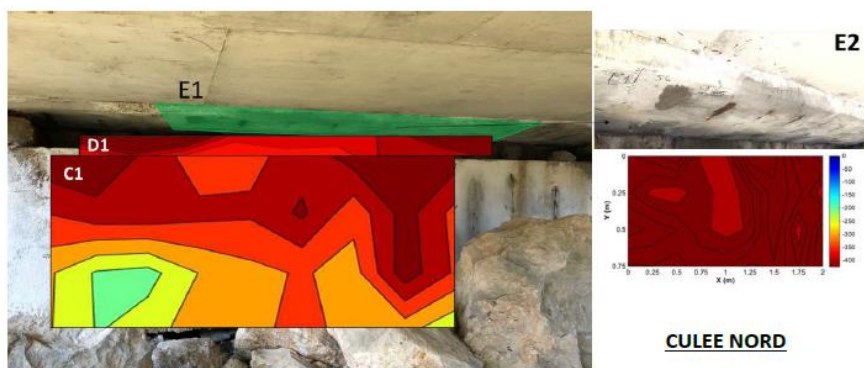
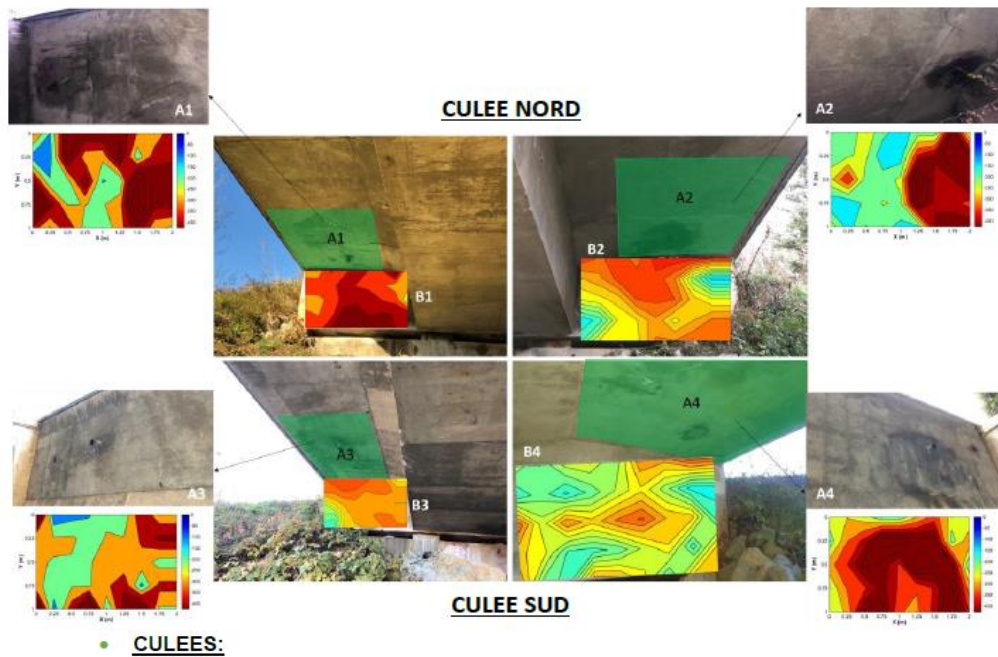


Figure 17 : Cartographie de potentiels

Localisation	Zones	Porosité (%)	Influence du potentiel	Nb enrobages inf norme (%)	Teneur en chlorures max (%)	Profondeur chlorures max	Corrosion par Chlorures	Corrosion par Carbonatation	Armatures visiblement corrodées	Probabilité corrosion (%)
INTRADOS	A1	13.8		100	0.05	0-2 cm	NON	OUI	NON	50
	A2			100	0.1	0-2 cm	NON	NON	NON	15
	A3			100	0.05	0-2 cm	NON	NON	NON	15
	A4			100	0.05	0-2 cm	NON	NON	NON	15
ENTRETOISES	B1			88	0.03	0-4 cm	NON	NON	NON	15
	B2			22	0.15	0-2 cm	NON	NON	NON	10
	B3			100	0.03	0-2 cm	NON	OUI	NON	30
	B4			100	0.03	0-2 cm	NON	NON	NON	15
CULEES	C1			88	0.82/0.48	0-2 /2-4 cm	OUI	OUI	OUI	90
	C2			89	0.70/0.74/0.62	0-2 /2-4/4-6 cm	OUI	NON	OUI	90
	D1			100	0.30	0-2 cm	NON	NON	OUI	80*
	D2			100	1.53/0.84/0.45	0-2 /2-4/4-6 cm	OUI	NON	OUI	90
	E1			100	1.27/0.88/0.40	0-2 /2-4/4-6 cm	OUI	OUI	OUI	90
	E2			100	0.28	0-2 cm	NON	OUI	OUI	80

Figure 18 - Tableau de synthèse des résultats des mesures sur le Pont sur l'Ain

L'analyse du diagnostic béton conduit aux conclusions suivantes :

- L'humidité importante au niveau des culées et les murs garde-grèves, favorisée par la présence de plusieurs polluants et un faible enrobage entraînent des probabilités de corrosion supérieures à 80%.

Les analyses ont montré la présence de Chlorures et de carbonatation au-delà de l'épaisseur d'enrobage (allant jusqu'à 60mm). Cependant, vu la conception de l'ouvrage, les sommiers des culées et murs garde-grève se trouvent dans un espace très confiné, ce qui compromet fortement la mise en œuvre de solutions de réparation dite traditionnelle avec la reconstitution du béton dégradé.

La réparation au niveau des culée devra donc passer par des solutions de type **protection cathodique**, opportune pour le traitement des chlorures et de la carbonatation.

4.5 Diagnostic Amiante/HAP dans enrobé

Les informations transmises par le MOA font état de la présence d'amiante dans l'enrobé existant sur l'ouvrage avant septembre 2020. Il n'y a donc pas eu d'investigations complémentaires sollicitées par Diadès.

A la suite de nos échanges avec le CEI de Saint Laurent en Grandvaux, les travaux de renouvellement d'enrobé ont été réalisés en septembre 2020 sur l'ouvrage. L'amiante a été donc totalement retirée. En effet, les travaux visaient l'élimination de l'amiante et la réfection totale des enrobés. Par conséquent, les nouveaux enrobés ne contiennent pas d'amiante ni d'HAP.

4.6 Diagnostic Amiante / Plomb des peintures des garde-corps

Le résultat des analyses des prélèvements réalisés sur le garde-corps de l'ouvrage est présenté ci-après. Ce dernier indique qu'aucune trace de Plomb n'a été détecté au niveau de la peinture des garde-corps de l'ouvrage. Par conséquent, aucune disposition spécifique ne sera à mettre en œuvre pour assurer des travaux au niveau des garde-corps du Pont sur l'Ain à Cize.

A titre informatif, et en tenant compte de la réglementation du constat des risques d'exposition au plomb dans le cadre de la mise en vente ou en location d'habitations, les seuils mentionnés aux articles L. 1334-7 et L.1334-8 du code de la santé publique sont les suivants :

- Mesure considérée positive à l'aide d'un appareil à fluorescence X : 1 mg/cm²
- Mesure considérée positive après analyse en laboratoire : 1.5 mg/g

Selon ces seuils :

Présence de plomb dans les revêtements selon mesure sur site :	NON
Présence de plomb dans les revêtements selon analyse :	NON

Figure 19 - Conclusion sur les résultats du diagnostic Plomb dans les garde-corps

4.7 Relevé topographique de l'ouvrage

Un relevé topographique de l'ouvrage a été réalisé permettant de déterminer les dimensions exactes de ce dernier. Plusieurs coupes transversales ont donc été réalisées permettant de connaître précisément la géométrie de l'OA 05 70 0100 – Pont sur l'Ain.

5 — CONTRAINTES

Afin de préparer au mieux les travaux de réparation, il est important d'identifier les contraintes propres au site. Ces dernières peuvent être de nature et de causes différentes. Les contraintes peuvent être des contraintes d'exploitation, des contraintes de réseaux ou des contraintes d'accès par exemple.

5.1 Contraintes d'exploitation

A la suite des échanges réalisés avec le chef du CEI de Saint Laurent de Grandvaux lors de la visite de l'ouvrage, les travaux sur l'ouvrage pourront se réaliser **sous coupure complète de la circulation avec la mise en place d'une déviation**. Pour cela, il sera nécessaire d'obtenir un arrêté permettant d'enlever la limitation de tonnage sur l'itinéraire de déviation.

Lors des travaux sur les enrobés réalisés en septembre 2020, une déviation de circulation a été mise en place. Cette dernière empruntait l'itinéraire de l'ancienne Route Nationale 5. Le chef du CEI de Saint Laurent de Grandvaux indique que la mise en place de cette déviation est possible dans le cadre des travaux sur l'ouvrage.

La vue aérienne ci-dessous reprend l'itinéraire de l'ancienne RN5 et donc l'itinéraire de déviation utilisé dans le cadre des travaux sur les enrobés réalisés en septembre 2020.

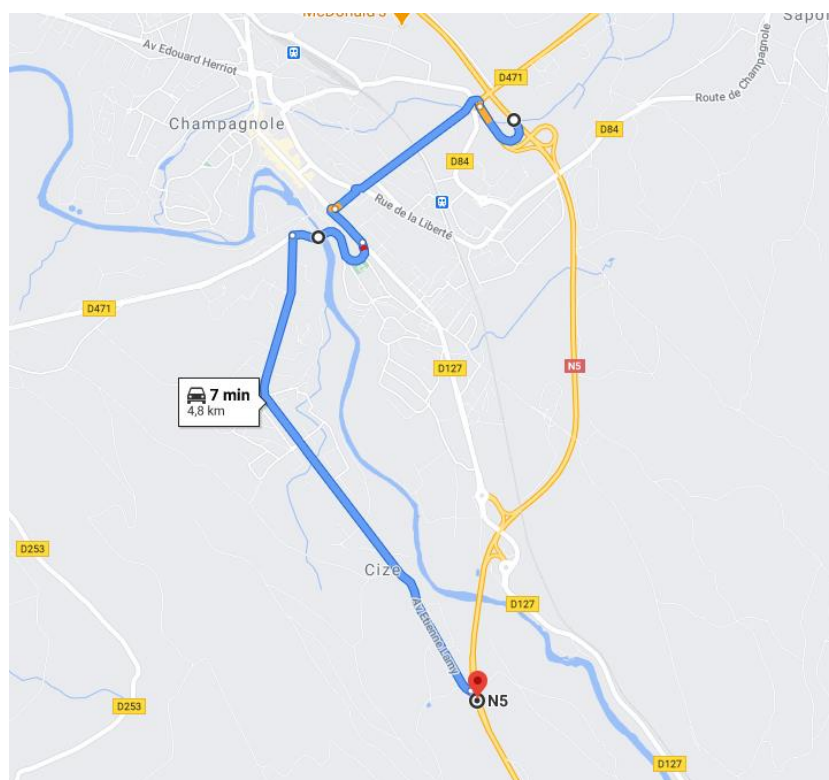


Figure 20 - Itinéraire de déviation possible par l'ancienne RN5

5.2 Contraintes de réseaux

Dans le cadre de cette étude, DIADES a réalisé les Déclarations de projet de Travaux (D.T.) auprès des exploitants des réseaux potentiellement dans l'emprise du chantier. Ceci permet de référencer tous les réseaux pouvant impacter le chantier mais également adapter les travaux suivants les contraintes liées à ces installations.

Numéro de CERFA	Société
1	DIR EST / DE de BESANCON
2	Orange X0
3	VEOLIA EAU REGION CENTRE EST CHEZ SOGEDATA

Selon les récépissés de DT reçus, il existe des réseaux potentiellement dans l'emprise du chantier :

- **Réseaux VEOLIA** : Aucun réseau n'est présent sur l'ouvrage
- **Réseaux DIR EST** : Aucun réseau n'est présent sur l'ouvrage.
- **Réseaux ORANGE** : il y a un réseau de type TL et de classe de précision B sur l'ouvrage. Compte tenu de la nature des travaux à réaliser, ce réseau est susceptible d'impacter sur l'emprise du chantier.



Figure 21 - Récépissé de DT ORANGE

L'examen des récépissés de DT a permis d'identifier les réseaux susceptibles d'avoir un impact sur les travaux, à savoir :

➤ **ORANGE.**

En effet, compte tenu de son emplacement au centre de la chaussée, ce réseau est susceptible d'impacter la réalisation des travaux de réfection de l'étanchéité et de l'enrobé.

Une prise de contact de ce concessionnaire par le Maître d'Ouvrage est indispensable pour définir :

- Les possibilités ou non de dévoiement en phase chantier,
- Les conditions de réalisations des travaux à proximité du réseau.

5.3 Contraintes d'accès

L'ensemble des accès à l'ouvrage se feront depuis la RN5. En effet, pour les travaux en extrados et en intrados de l'ouvrage, il n'est possible d'accéder aux différentes parties de l'ouvrage uniquement par la chaussée de la voie portée.

6 — DESCRIPTION DES TRAVAUX

Dans le cadre de l'accord cadre avec la DIR Est et compte tenu des travaux d'entretien et de réparation à réaliser sur l'ouvrage, il convient de prévoir en amont :

- La mise en place d'une déviation de circulation au droit de l'ouvrage permettant de réaliser les travaux au niveau de la chaussée,
- Le dévoiement du réseau ORANGE identifié sur l'ouvrage.

A la suite de la visite réalisée par DIADES et après analyse des différents éléments relevés sur place, le MOE a mené une étude AVP relative aux travaux de remplacement de joints de chaussée qui a permis au MOA de retenir la mise en place de joints monoblocs.

Ainsi, et pour pérenniser la partie la plus dégradée de l'ouvrage (culées et murs garde-grèves), et au vu de la configuration de ces éléments de structures, il a été retenu la mise en place d'une protection cathodique.

En somme, les travaux à réaliser sur l'ouvrage sont les suivants :

- Réfection de l'étanchéité,
- Renouvellement des enrobés,
- Remplacement des joints de chaussée par des joints monoblocs,
- Vérinage, remplacement des appareils d'appuis et reconstruction des bossages,
- Protection cathodique des culés et murs garde-grève,

6.1 Exploitation en phase chantier et balisage

Au stade actuel et à la suite de nos échanges avec le chef du CEI de Saint Laurent en Grandvaux présent lors de la visite réalisée par DIADES, la solution envisagée est la mise en place d'une déviation de la circulation. Cette solution est d'autant plus motivée par la typologie des travaux à réaliser qui nécessitent une coupure totale de la circulation :

- Vérinage de l'ouvrage,
- Mise en place de joints de chaussée monoblocs,

Il n'y aura donc pas de balisage sur l'ouvrage..

Le balisage à mettre en place sera destiné à la coupure de la circulation et à la mise en place de la déviation.

6.2 Travaux préparatoires

Les travaux préparatoires comprennent toutes les démarches nécessaires avant le démarrage des travaux. La période de préparation des travaux devra permettre : de

- Dévoier les réseaux en fonction des travaux de réparation et de leur impact,
- Aménager la zone d'installation de chantier.

a) Identification et dévoiement des réseaux

Les récépissés de DT ont mis en évidence la présence d'un réseau dans l'emprise du chantier et étant susceptible d'impacter les travaux. Il convient de repérer précisément ce réseau de classe de précision B. Il s'agit d'un réseau TELECOM d' ORANGE.

Le Maître d'Ouvrage devra prendre contact avec le gestionnaire afin de recueillir auprès de lui :

- L'implantation précise de ce réseau sur l'ouvrage,
- Les possibilités ou non de dévoiement en phase chantier,
- Les conditions de réalisation des travaux à proximité de ce réseau.

b) Installation de chantier

Compte tenu de l'ampleur des travaux à réaliser, l'aire d'installation de chantier devra être suffisamment importante pour stocker l'ensemble du matériel.

Etant donné que les travaux vont être réalisés sous coupure totale de la circulation avec mise en place d'une déviation, l'aire d'installation de chantier pourra être mise en place en Amont ou en Aval de l'ouvrage sur chaussée de la RN5



Figure 22 - Aire d'installation de chantier au droit de la chaussée de la RN5

6.3 Réfection de l'étanchéité

Compte tenu des infiltrations, venues d'eau et traces d'humidité repérées en intrados, il convient d'assurer une étanchéité efficace afin de garantir la pérennité de la structure, d'autant plus qu'il s'agit d'un ouvrage précontraint avec des relèvements de câbles en extrados. Les têtes d'ancrage et les câbles actifs devront être protégés par un système d'étanchéité efficace.

Le système d'étanchéité en place date des années 1990 et n'a fait l'objet d'aucun remplacement depuis.

L'étanchéité à mettre en œuvre sera constituée d'une étanchéité en section courante (sur toute la surface du Pont sur l'Ain) et des relevés d'étanchéité sur les bordures de trottoirs.

Le complexe à mettre en œuvre devra être une étanchéité adhérente par feuille préfabriquée et asphalte (FPA). Ce dernier pourra être mis en place après le décapage complet de l'étanchéité existante de la façon suivante :

- Préparation des supports (nettoyage, sablage, élimination de toutes les impuretés, etc. et création d'une bonne rugosité),
- Le support préparé et nettoyé fera l'objet d'un point d'arrêt avec la réalisation d'essai SATEC avant la mise en place de la feuille d'étanchéité,
- Dans le cas où le support présenterait d'importantes dégradations dont la reprise n'est pas compatible avec le planning de l'opération, il sera mise en œuvre une couche de Béton Bitumeux Mince (BBTM) pour servir de support d'étanchéité,
- Mise en place de l'étanchéité avec les recouvrements nécessaires, par lès et pour l'ensemble de la chaussée,
- Réalisation de relevés d'étanchéité dans une engravure préparée en amont. Les relevés d'étanchéité seront protégés par un mortier grillagé,
- Mise en place de la couche de protection en asphalte gravillonné.

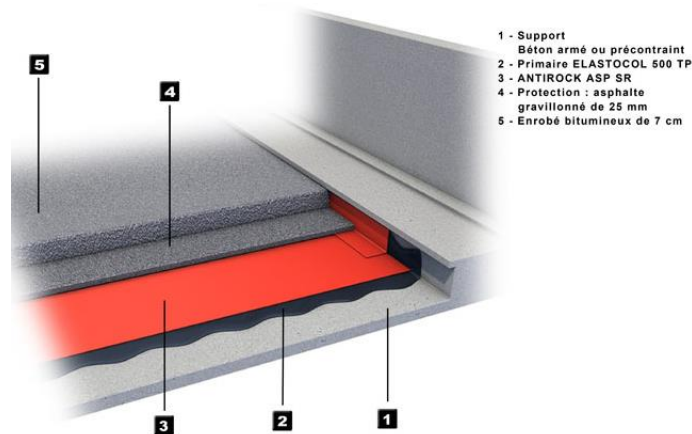


Figure 23 : Illustration de l'étanchéité à mettre en œuvre sur l'ouvrage

6.4 Renouvellement de l'enrobé

Le renouvellement de l'enrobé est justifié par les travaux d'étanchéité. Ainsi, les travaux de renouvellement de l'enrobé se présentent comme suit :

- Réalisation des traits de scie pour délimiter la zone de renouvellement,
- Rabotage de l'enrobé,
- Décapage de l'étanchéité existante,
- Mise en œuvre de l'étanchéité,
- Mise en œuvre de l'enrobé.

L'épaisseur de l'enrobé réalisé en septembre 2020 devra être mesurée en amont des travaux permettant de déterminer la quantité exacte à raboter.

a) Zone de réalisation de l'enrobé

L'enrobé sera réalisé sur la surface de tout l'ouvrage (entre les bordures de trottoir) et sur toute la longueur de l'ouvrage augmentée d'une bande de 10,00 m de part et d'autre de l'ouvrage pour permettre le raccordement à la chaussée existante.

b) Rabotage de l'enrobé

L'enrobé sera entièrement raboté sur l'ouvrage sur une épaisseur établie avant le démarrage des travaux. L'épaisseur à raboter hors ouvrage devra être identique à l'épaisseur rabotée sur l'ouvrage.

Le rabotage pourra se faire avec une raboteuse. Des sondages complémentaires devront impérativement être réalisés en plusieurs points sur l'ouvrage afin d'éviter de dégrader le tablier en béton.



Figure 24 : Exemple de raboteuse d'enrobé

c) Mise en œuvre de l'enrobé

Compte tenu de l'épaisseur d'enrobé à mettre en œuvre et de l'importance du trafic sur l'itinéraire, l'enrobé à mettre en œuvre sera du BBSG 0/14 classe 3. Il sera mis en place en deux (02) couches suivant les étapes ci-après :

- Nettoyage HP du support,
- Collage par application d'une émulsion bitumineuse de dosage en liant modifié à 400g/m²,
- Epandage et réglage de la couche de Béton Bitumineux Semi Grenu (BBSG) 0/14 classe 3 appliquée à 130 °C au Finisher,
- Cylindrage des différentes couches de BBSG (les appareils vibrants lors de la mise en place de l'enrobé sont à proscrire à cause de la sensibilité de l'ouvrage),
- Le traitement du joint longitudinal devra intervenir à la transition entre voies de circulation.



Figure 25 : Exemple de Mise en œuvre de l'enrobé au finisher

6.5 Remplacement des joints de chaussée par des joints monoblocs

Les joints de chaussée installés sur l'ouvrage sont des joints à dents avec une ouverture de 20 mm côté Nord et 40 mm côté Sud. Les joints de trottoirs sont des joints à hiatus.

L'AVP a conclu sur le remplacement des joints de chaussée actuel par des joints plus étanches avec un souffle de 100 mm. Le MOA a statué sur la mise en place des joints monoblocs. Les joints monoblocs seront continus sur les trottoirs.

a) Joint de chaussée monoblocs

Les joints monoblocs sont des joints continus de longrine à longrine sans aucune boulonnerie. Ils présenteront des relevés au niveau des longrines de glissières. Ils sont illustrés ci-dessous.

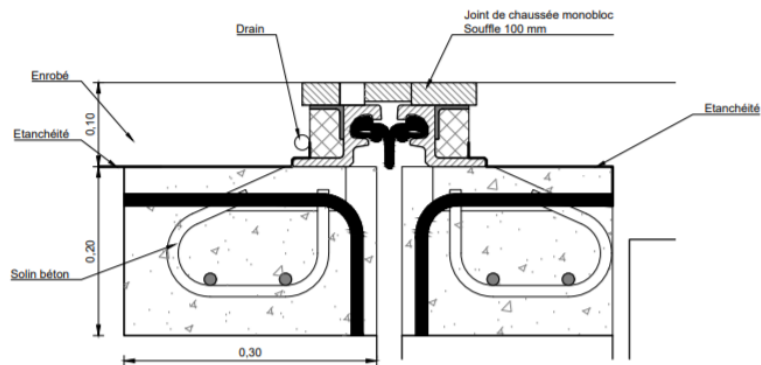


Figure 26 : Représentation du joint monobloc

b) Mise en œuvre des joints

Dans le cas des ouvrages du présent projet, il est à noter le fort encombrement des abouts de dalle par les ancrages de la précontrainte (voir figure ci-dessous – notamment câble 72).

Les besoins de réservation de feuillure pour les joints monoblocs sont de 350mmx200mm. Compte tenu des joints actuels, la hauteur de la feuillure pourra être réalisée. En revanche la largeur de la feuillure nécessite un élargissement qui sera contraint par la présence des plaques d'ancrage de la précontrainte. Des adaptations devront être réalisées pour limiter les besoins d'élargissement.

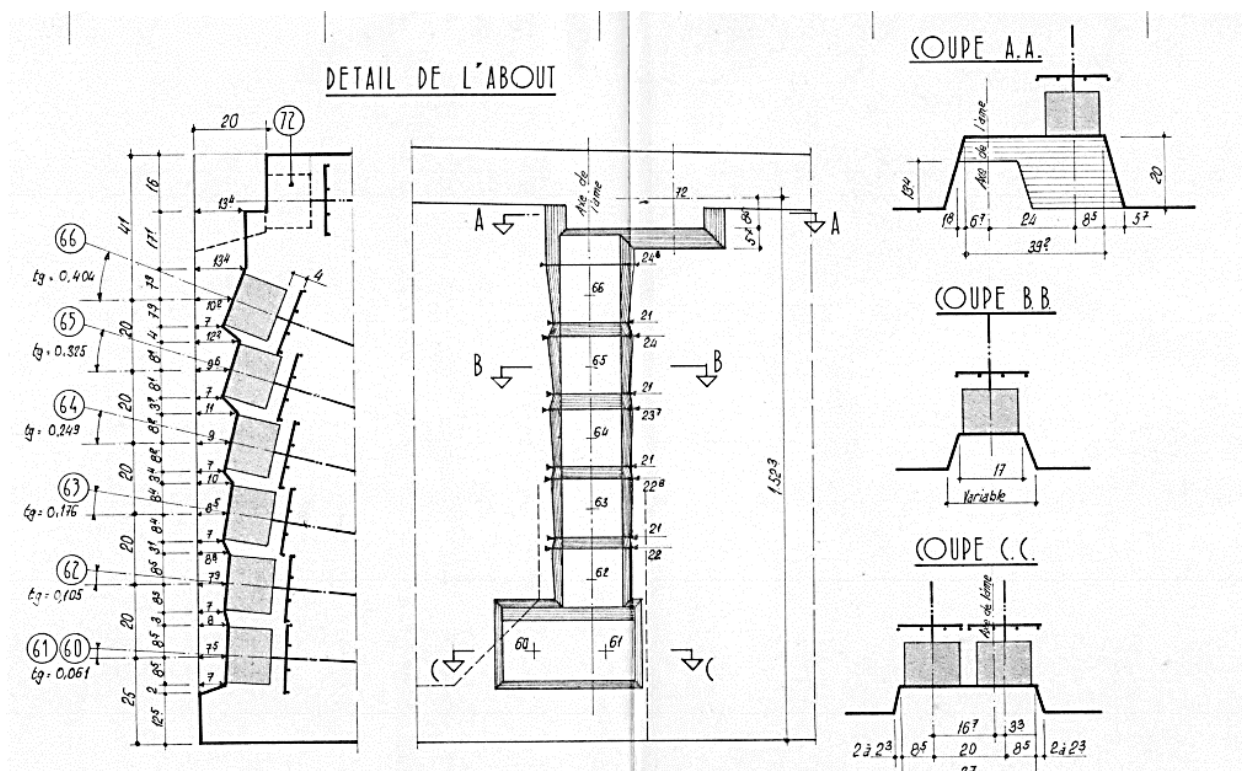


Figure 27 : Positionnement des plaques d'ancrage en about de tablier

Le remplacement des joints actuels par les joints monobloc se ferait suivant la méthodologie ci-après :

- Traits de scie et rabotage de l'enrobé y compris en amont et aval des lignes de joint sur environ 10 m,

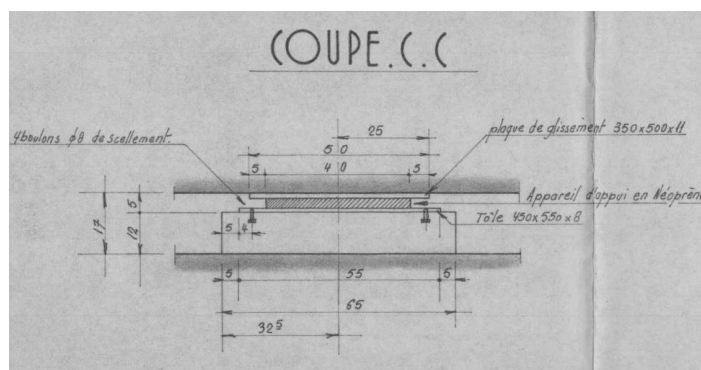
- ### c) Contraintes particulières à la pose de joints de chaussée monoblocs

- il s'agit d'un équipement réalisé sur mesure pour chaque ouvrage. Cette fabrication sur mesure nécessite donc un délai d'approvisionnement qui est de 14 semaines. Ce qui doit être intégré pour définir la période préparatoire,
- La pose nécessite une coupure totale de la circulation.

Les opérations relatives au vérinage, au remplacement des appareils d'appuis et la reconstruction des bossages inférieures devront suivre les recommandations du Guide STRESS « FAEQ5 » et le Guide SETRA/LCPC « environnement des appareils d'appui en élastomère fretté »

a) Situation existante / situation projetée

- Le tablier repose sur 4 lignes d'appui :
 - 2 appareils d'appuis de 250x400x3(8+2) mm par culée en néoprène fretté,
 - encadrés par une plaque de glissement 350x350x11 et une tôle 450x550x8
 - avec des bossages inférieurs en béton de 530x650x120 mm.



- 4 appareils d'appuis de 400x600x2(10+2) mm par fût de pile en néoprène fretté avec un bossage inférieur par 2 appareils de 1430x600x120 mm.

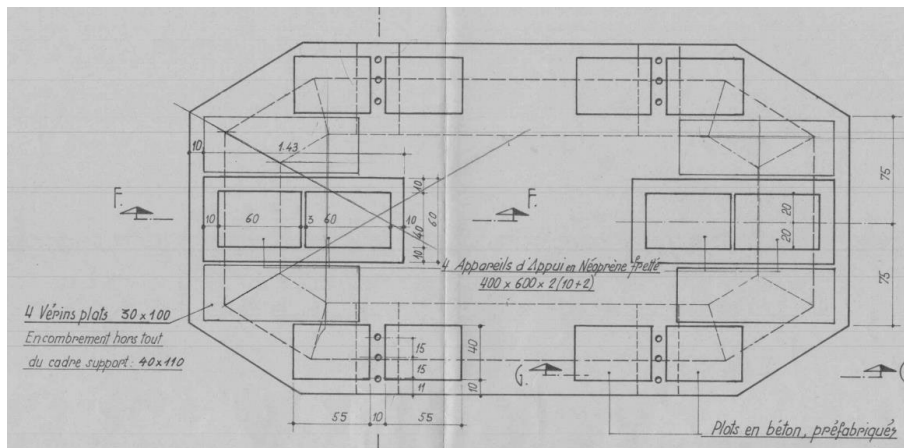


Figure 29 : Dimensions d'appareils d'appuis sur piles

Au vu de l'âge des appareils d'appuis qui n'ont pas été renouvelés depuis leur mise en service en 1973 et de leur dégradation avancée :

- Sur culées tous les appareils d'appuis feront l'objet d'un **remplacement avec la reconstruction des bossages tous en mauvais état**,
- Sur piles, **tous les appareils d'appuis feront l'objet d'un remplacement** mais les bossages existants encore en bon états seront conservés avec la réparation de quelques éclats qui les affectent.
- Le remplacement des appareils d'appuis se fera à l'identique pour conserver le fonctionnement actuel de l'ouvrage.
- Le remplacement des bossages se fera avec des éléments préfabriqués en béton armé.

Ainsi, l'ouvrage fera l'objet de vérinage à vide pour la réalisation de ces travaux. **Une coupure de la circulation sur ouvrage est donc nécessaire pendant toute la durée des opérations de vérinage, de reconstruction des bossages et de remplacement des appareils d'appui.**

b) Détermination de la capacité des vérins

Les piles et culées ne disposent pas de bossages de vérinage. De ce fait, l'utilisation des **platinas de répartition des charges** d'une épaisseur minimale de 12 mm minimum sur les sommiers et l'intrados du voussoir est nécessaire pour limiter les contraintes dues au vérinage.

L'espace disponible (hauteur) pour placer les vérins est de 16 cm sur piles et 17 cm sur culées, d'après les plans.

Tous dimensions mentionnées précédemment restent néanmoins à confirmer par visite et mesures sur l'ouvrage.

Les réactions d'appuis totales au niveau des différents appuis se présentent comme suit :

	Culée rive gauche	Pile 1	Pile 2	Culée rive droite
Réaction d'appuis	286 t	1 835t	1 768t	196t
Réaction d'appuis avec une marge de 20%	343 t	2 202 t	2 122 t	235 t
Capacité des vérins	350t	2 250t	2 250t	250t

Les vérins à mettre en place doivent avoir une capacité minimale comme indiqué dans le tableau ci-dessus.

c) Mise en place de la plateforme de travail

Compte tenu de la hauteur des piles (entre 15m et 17m), l'installation d'une plateforme de travail sera nécessaire pour procéder aux travaux en tête de pile.

La plateforme de travail, au niveau de chaque pile, sera réalisée à l'aide de tours d'échafaudage.

d) Vérinage et remplacement des appareils d'appuis

Il s'agit du remplacement à l'identique de tous les appareils d'appui, sur les deux culées ainsi que sur les deux piles. Les nouveaux appareils d'appuis seront de type néoprène, en élastomère frettés. En combinaison avec les bossages reconstruits pour les culées et réparés pour les piles, ils devront maintenir le nivellement actuel du tablier.

Le remplacement des appareils d'appuis sera effectué suite au vérinage de l'ouvrage, simultanément pour toutes les lignes d'appui sur la totalité de l'ouvrage, au niveau des bossages de vérinage existants. Le vérinage permettra de libérer totalement les appareils d'appuis de l'ouvrage.

Le vérinage sera donc réalisé par un système de type LAO (Levage Assisté d'Ordinateur)

Lors du vérinage pour le remplacement des appareils d'appuis les réactions d'appuis seront mesurées et contrôlées afin d'assurer une répartition homogène par appareil d'appuis.

e) Phasage des travaux de vérinage,

Le phasage des travaux à réaliser sous une coupure totale de la circulation se présente comme suit :

Travaux préparatoires au vérinage :

- Préparation de l'atelier de vérinage, installation des moyens d'accès,
- Mise en place des vérins avec les plaques de répartition,

Travaux de vérinage :

- Vérinage au LAO sur quelques centimètres (selon la course du vérin choisi) simultanément sur la totalité de l'ouvrage, de manière à libérer les appareils d'appui existants,
- Dégagement des appareils d'appuis existants,
- Reconstruction des bossages inférieurs sur culées,
- Réparation des bossages inférieurs sur piles,
- Changement de tous les appareils d'appuis,
- Déverinage et remise en place du tablier,
- Démontage de l'atelier de vérinage, démontage des moyens d'accès,

6.7 Protection cathodique

Les parties les plus dégradées de l'ouvrage sont les chevêtres et murs-garde grève des culées. Ces éléments sont marqués par :

- des éclats béton avec des aciers apparents oxydés,
- un taux de chlorures au-delà de l'épaisseur d'enrobage, supérieur au seuil d'amorce de la corrosion,
- la présence de carbonatation au-delà des enrobages soit une dépassement des aciers.

Les aciers présents dans ces éléments sont donc sujets à une corrosion généralisée et à des piqures de corrosion. Compte tenu de la profondeur de pénétration des polluants, la reconstitution complète des épaisseurs atteintes est compromise car :

- les sommiers servent d'appuis, ce qui est délicat voire inenvisageable pour une démolition partielle,
- les murs garde-grèves ne sont pas accessibles compte tenu de la conception des abouts de l'ouvrage avec l'absence de recul entre le mur garde-grève et l'about du tablier.

Ainsi, les sommiers et murs garde-grève des 2 culées seront traitées par protection cathodique.

Cette solution est à la fois curative et préventive. Elle permettra d'atteindre les profondeurs nécessaires pour protéger les armatures et par le biais de la continuité électrique toucher une surface d'armatures importante à partir uniquement des parements frontaux.

a) Choix du système de protection cathodique

La protection cathodique peut être réalisée par un système par courant imposé ou un système par anodes galvaniques.

Les systèmes par courant imposé sont généralement destinés au traitement de dégradations sévères dans les milieux très agressifs. Ils nécessitent par ailleurs, une source de courant et un investissement conséquent.

L'ouvrage est situé en milieu rural et ne dispose pas d'une source de courant basse tension à proximité. En outre, la mise en place de joints de chaussée monoblocs permettra d'assurer l'étanchéité des lignes de joints et arrêter les coulures notamment chargées en sels de déverglaçage très déterminant dans l'état de dégradation de l'ouvrage.

Par conséquent, les systèmes de protection cathodique par anodes galvaniques auto indépendants sont appropriés pour le traitement des dégradations de l'ouvrage dans son contexte.

Plusieurs systèmes de protection cathodique par anodes galvaniques sont envisageables :

- Le zinc projeté,
- Les bandes de zinc collées,
- Les anodes discrètes de zinc.

Les deux premières solutions sont des applications surfaciques. Elles permettront de traiter et de protéger les aciers proches du parement sur lequel elles sont appliquées, mais moins les aciers en profondeur du fait de la résistivité du béton et de l'éloignement du milieu extérieur de ces aciers en profondeur.

Les chevêtres ont une épaisseur conséquente de 1,08m. Pour intéresser toute l'épaisseur du chevêtre voire plus, le système à mettre en place est la **protection cathodique par anodes discrètes** qui convient à la configuration du présent projet. Par ailleurs les espacements de ferrailage relativement larges permettent la mise en œuvre facile de cette application.

b) **Prédimensionnement du système de protection cathodique par anodes discrètes**

Documents de référence

Les documents de référence sont listés

- **Norme NF EN ISO 12 696 de février 2017 (Protection cathodique de l'acier dans le béton)** : Cette norme spécifie les exigences de performances pour la protection cathodique de l'acier dans le béton exposé à l'atmosphère.
- **Norme NF EN ISO 15257 de Juillet 2017 «Niveaux de compétences et certification du personnel en protection cathodique»** : Cette norme spécifie entre autres, les compétences et niveaux de certification des personnels impliqués dans les études, et la mise en œuvre d'une protection cathodique de l'acier dans le béton
- **Normes NF EN 1504 parties 1 à 10 : « Produits et systèmes pour la protection et la réparation des structures en béton » :Définitions, prescriptions, maîtrise de la qualité et évaluation de la conformité** : Cette série de normes spécifie les exigences de performances pour les travaux de réparation du béton armé.
- **Norme NF A05 800 de Mars 2006 « Prestations de services en protection cathodique »** Cette norme spécifie les engagements des prestataires de services en protection cathodique (y compris de l'acier dans le béton).

Classe d'exposition des parties des parties d'ouvrages concernées

L'ouvrage est situé sur la commune de Cize dans le Jura (39)il est en zone de :

- gel sévère (altitude >500 m),
- salage très fréquent.

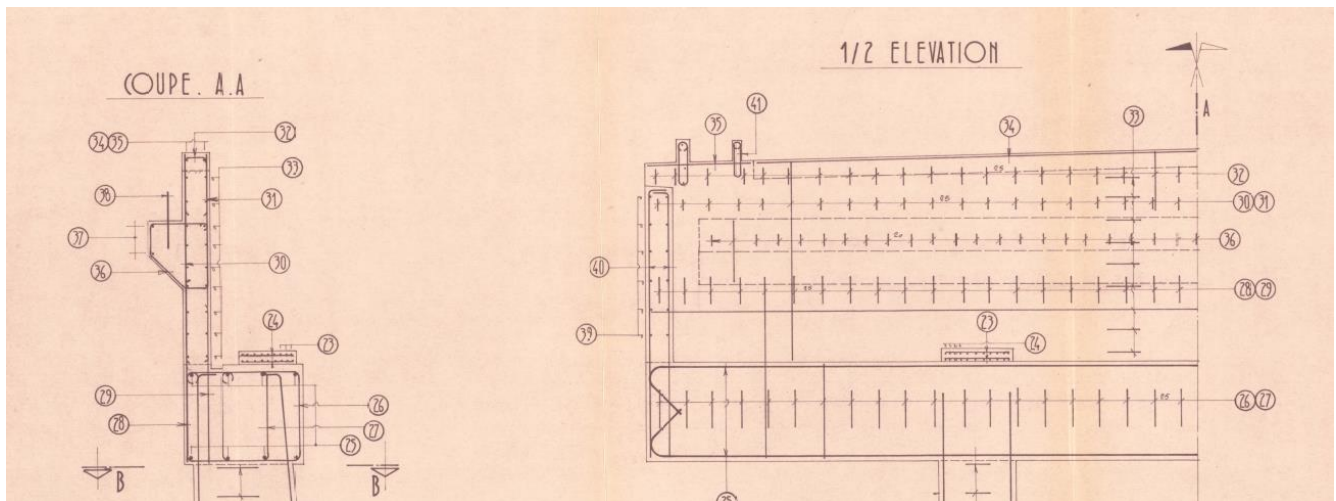
Définition du courant de protection

Conformément à la norme **NF EN ISO 12 696 de février 2017**, la densité de courant pour la protection cathodique varie entre 2mA/m² et 20mA/m². Compte tenu de l'état de dégradation des parties à traiter et de l'agressivité de l'environnement, la densité de protection du courant retenue est :

- **Id= 10mA/m², pour le chevêtre,**
- **Id= 5mA/m², pour le mur garde-grève.**

Détermination de la surface d'armature à protéger

Le dossier d'ouvrage ne comporte que les plans de ferrailage de la culée n°1. Nous considérons ces plans pour les 2 culées.



- Surface d'armature au niveau du chevêtre

Elément	N°	Diamètre(mm)	Longueur (m)	Nombre	S (m²)
Chevêtre	15	20	1.1	8	0.55
	17	20	1.1	8	0.55
	25	16	10.59	8	4.26
	26	12	3.86	40	5.82
	27	12	2.6	40	3.92
	28	12	1.7	40	2.56
	29	12	1.4	40	2.11
Total (m²)					19.78
Marge de 25%					4.95
Surface Totale d'acier (m²)					24.7

- Surface d'armature au niveau du mur garde-grève

Elément	N°	Diamètre(mm)	Longueur (m)	Nombre	S (m²)
Chevêtre	15	20	1.1	8	0.55
	17	20	1.1	8	0.55
	25	16	10.59	8	4.26
	26	12	3.86	40	5.82
	27	12	2.6	40	3.92
	28	12	1.7	40	2.56
	29	12	1.4	40	2.11
Total (m²)					19.78
Marge de 25%					4.95
Surface Totale d'acier (m²)					24.7

Détermination des besoins en masse de zinc

Les surfaces de parement disponible pour la mise en place des anodes sont illustrées sur l'extrait de plan ci-dessous.

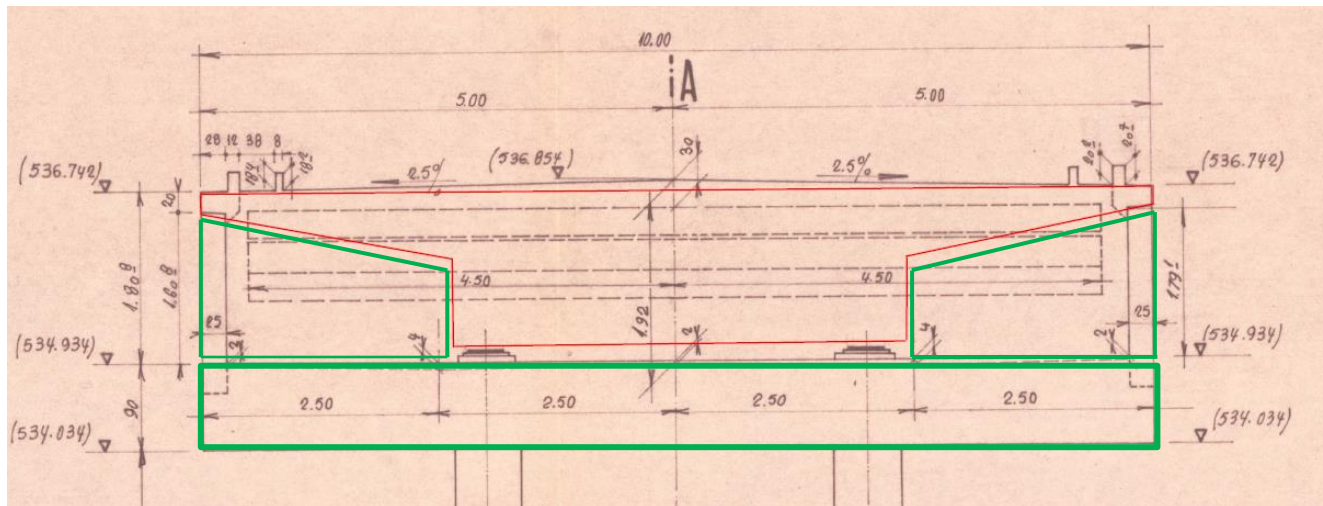


Figure 30 : Illustration - surfaces de parement disponibles

L'estimation des besoins en masse de zinc d'anode est détaillée ci-après.

La durée du traitement est fixée à 15 ans. La masse de zinc nécessaire est donc :

$$m_{Zn}(kG) = \frac{I * t}{C * U}$$

Avec :

- t : en heures = 15 ans x 365x24 = 131 400h,
- C : capacité théorique électrochimique de l'alliage en Zinc de l'anode : 780 A/kg,
- U : le facteur d'utilisation pris égal à 0,85
- Besoin en masse de zinc au niveau du chevêtre

Densité de courant (mA/m²)	10
Besoin en courant (mA)	247.3

Durée d'utilisation : 15ans (heures)	131400
Capacité théorique électrochimique du Zinc (Ah/kg)	780
Facteur d'utilisaiton	0.85
Masse de Zinc (kG)	49.0
Surface de parement accessible (m²)	9.0
Masse de Zinc / m² (kG/m²)	5.4

Au niveau du chevêtre, il peut donc être disposé, 8 anodes de 700g par mètre carré.

- Besoin en masse de zinc au niveau du mur garde-grève

Densité de courant (mA/m ²)	5	
Besoin en courant (mA)		112.4

Durée d'utilisation : 15ans (heures)	131400	
Capacité théorique électrochimique du Zinc (Ah/kg)	780	
Facteur d'utilisaiton	0.85	
Masse de Zinc (kg)		22.3
Surface de parement accessible (m ²)		19.0
Masse de Zinc / m ² (kg/m ²)		1.2

Au niveau du mur garde-grève, il peut donc être disposé, 8 anodes de 150g par mètre carré.

Conception de l'architecture du système

Compte tenu de la géométrie de l'ouvrage (longueur 152m) et de la répartition des zones à traiter par la protection cathodiques : les 2 culées, il sera mis en place un système indépendant par culée.

Cette option permet d'optimiser le câblage des installations et d'assurer l'efficacité de son fonctionnement en minimisant la résistance ohmique des câbles.

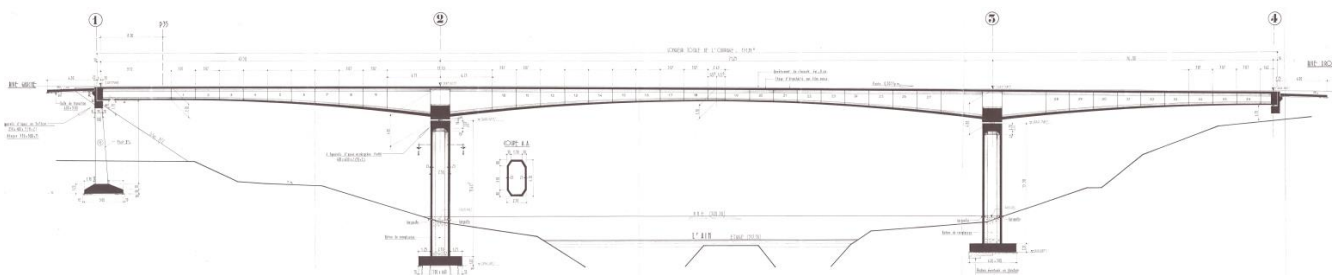


Figure 31 : Elévation de l'ouvrage

Au niveau de chaque culée, il sera défini :

- 1 zone de protection indépendante pour le mur garde-grève, soit 7,6 m²,
- 1 zone de protection indépendante pour le cheveté soit 9 m².

Afin de permettre la surveillance du système lors de sa mise en place et en phase de service, chaque zone indépendante sera dotée de capteurs de surveillance (coupe : électrode de référence / sonde de dépolarisation). Les sondes de dépolarisation sont mis en place pour prendre le relai pour des mesures de variations de potentiels en cas de défaillance des électrodes de référence.

Le récapitulatif des électrodes de référence et sondes de dépolarisation à mettre en place est présenté dans le tableau ci-dessous :

	CULEE 1		CULEE 2		TOTAL
	Zone 1 Chevêtre	Zone 2 Mur garde-grève	Zone 1 Chevêtre	Zone 2 Mur garde-grève	
Electrode de référence	2	2	2	2	8
Sonde de dépolarisation	2	2	2	2	8

Règlementairement, un couple de capteur de surveillance par zone indépendante aurait suffi. Cependant, compte tenu du nombre limité de zone et afin d'avoir des éléments de comparaisons, il a été retenu 2 couples par zone indépendante.

En outre, il sera disposé :

- 2 connexion négatives par zone indépendantes de protection,
- Les anodes de chaque zone indépendante de protection seront reliées en chapelet.

Vérification de la résistance ohmique des câbles

Conformément à l'article §6.6 de la NF EN ISO 16696, la section minimale des câbles monoconducteur doit être de 2,5 mm². La distance maximale d'implantation des connexions négatives et positives, sur la base de câbles de 2,5 mm² pour limiter la résistance des câbles à 1Ω est donnée par

$$L \leq \frac{R * S}{\rho} * \frac{1}{2}$$

$$L \leq \frac{1 * 2,5e - 6}{1,7e - 8} * \frac{1}{2} = 73,5 m$$

$$\underline{L_{max} = 13 m < 73,5 m}$$

La résistance ohmique du câblage sera donc inférieure à 1Ω

c) Mise en œuvre de la protection cathodique :

Les systèmes de protection cathodique à mettre en place sont des systèmes galvaniques avec des anodes discrètes de zinc. La mise en œuvre respectera l'architecture définie précédemment et pourra suivre les étapes suivantes :

- Purge et réparation des bétons non adhérents,
- Repérage des armatures à l'aide d'un radar ou d'un pachomètre,
- Vérification de la continuité des armatures et mise en continuité des armatures le cas échéant,
- Implantation et réalisation de carottage,
- Mise en place des anodes discrètes,
- Réalisation des rainures,
- Pose des câbles et réalisation des connexions,
- Installation des centrales de mesures.

Réparation des béton localement dégradés

Les zones de béton localement dégradées par des traces de corrosion ou des épaufrures ou éclats de béton (comme illustré ci-dessous) seront réparées par ragréage avant toute autre intervention. Ceci afin d'assurer un parement continu pour le système de protection cathodique.

Compte tenu de l'étendue des zones à réparer sur les chevêtres des culées, il sera réalisée une hydrodémolition sur 2,5cm à 3cm sur le parement frontal du chevêtre avec une reconstitution en béton projeté.



Figure 32 : Exemple de zone localement dégradées à réparer

Description des travaux

- La délimitation par des bords francs de la zone à traiter,
- Hydrodémolition sur 2,5cm à 3cm avec purge de tout le béton non adhérent,
- Préparation des armatures apparentes par brossages jusqu'à élimination complète de tous les produits de corrosion, avec une reconstitution des sections pour les aciers ayant subis des pertes de matière,
- Reconstituions des sections par béton projeté C35/45.

Réalisation des rainures

Les rainures sont destinées à recevoir les aciers permettant d'assurer la continuité des armatures. Ainsi les rainures seront réalisées de la manière suivante :

- Une rainure longitudinale sur la longueur totale de chaque sommier et mur garde-grève, afin de permettre de réaliser la continuité des armatures transversales,
- Une rainure transversale sur chaque sommier et mur garde-grève, afin de permettre de réaliser la continuité des armatures longitudinales.

Les rainures auront une section minimale de 5cmx5cm et devront permettre d'atteindre les aciers. Afin d'éviter tout risque de détérioration des armatures de la longrine, les rainures seront réalisées par hydrodémolition.

L'hydrodémolition pourra être réalisée à la lance ou au robot. Le jet devra être adapté à la section des rainures à créer et à la résistance du béton.



Figure 33 : Exemple de rainures réalisées à la lance d'hydrodémolition

Mise en continuité des armatures

La mise en continuité des armatures transversales et longitudinales sera assurée par la soudure d'une barre « Rond Lisse » de diamètre 6 ou 8 mm à l'intérieur des rainures prévues à cet effet.

Suite à la mise en continuité des contrôles de continuité seront réalisés à savoir :

- Réalisation des mesures de résistance entre 2 armatures d'une même zone de protection (Mesure directe et mesure par polarité inverse). Résistances mesurées dans tous les cas $< 1 \Omega$
- Réalisation des mesures de potentiels à électrodes fixes. La différence de potentiels entre 2 armatures $< 1\text{mV}$

Mise en place des anodes

L'implantation des anodes sera réalisée après le repérage des aciers .

Il sera réalisé un carottage à l'emplacement de chaque anode. Le diamètre de carottage sera égal au diamètre de l'anode augmenté de 4 cm.

Préalablement à la mise en place de l'anode :

- Une vérification de l'absence d'acier à proximité du carottage sera effectuée,
- Le trou sera humidifié et rempli de mortier spécifique à faible résistivité compatible avec l'anode.



Figure 34 : Illustration de la mise en place d'une anode discrète

Implantation des capteurs de surveillance

Comme défini au « §Architecture du système », toutes les zones indépendantes seront dotées de capteurs de surveillance (couple :électrode de référence / sonde de dépolarisation). L'ensemble de ces capteurs de surveillance sera instrumenté à distance.

Ces capteurs seront installés à proximité d'une armature. Ils devront être noyés dans un mortier à faible résistivité.

Les électrodes de référence seront de type Mn/MnO₂.

Les sondes de dépolarisation seront de type Ti/MMO. Ces sondes sont destinées à suppléer aux électrodes de références en cas de dysfonctionnement. Ils permettront de réaliser des mesures de différence de potentiels sur une durée inférieure à 24h.

Les capteurs de surveillance feront l'objet d'un contrôle qualité spécifique avec l'enregistrement :

- du numéro de série,
- potentiel d'étalonnage « en sortie d'usine » pour les électrodes de référence,
- l'identification de chaque capteur de surveillance avec son implantation.



Figure 35 : Electrode de Référence Mn/MnO₂ et Sonde de dépolarisation en Ti/MMO

Pose de câbles

Les câbles seront de type monoconducteur. La section des câbles de 2,5mm² devra permettre de limiter la résistance entre le circuit anodique et le circuit cathodique.

Pour assurer la robusté du système, il est prévu :

- Deux (02) connexions négatives par zone indépendante,
- Deux (02) connexions positives par zone indépendante,
- Une (01) connexion de mesure par zone indépendante.

Les câbles devront être isolés avec une double enveloppe de type XPLE/XPLE.

Le code couleur prescrit par la norme NF EN ISO 12696 devra être respecté lors du câblage avec :

- Câble en rouge ou brun pour les connexions à l'anode,
- Câbles en noire pour les connexions aux aciers,
- Câble en bleu pour les connexions aux électrode de référence,
- Câble en jaune pour les sondes de dépolarisation,
- Câble en gris pour les connexions aux armatures pour les mesures

Le cheminement des câbles sera réalisé par le biais de :

- Saignées transversales dans le béton pour l'acheminement des câbles vers l'extrémité côté extérieur de la longrine,
- goulottes adaptées avec ses pièces de raccords dont un exemple est présenté ci-dessous pour l'acheminement vers l'armoire centrale

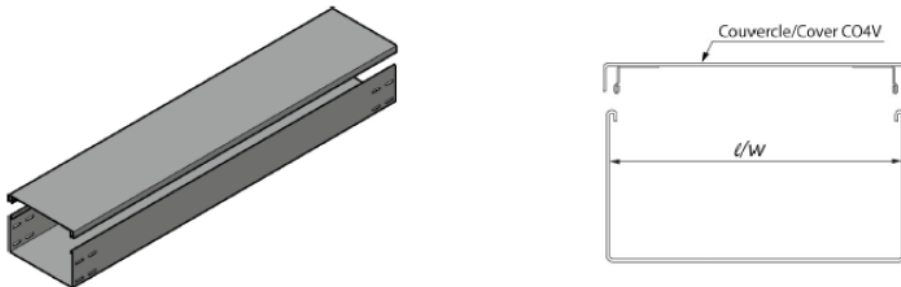


Figure 36 : Goulotte en Alu type NIEDAX - Gamme GP

Centrales de mesures

Compte tenu de l'architecture du système, il sera mis en place 1 armoire centrale par culée soit 2 armoires centrales au total.

Les armoires devront être étanches de type IP 66.

Les armoires devront permettre de réaliser le suivi du système à distance : c'est-à-dire, la réalisation à distance d'une dépolarisation, de l'arrêt ou la mise en marche du système.

Il n'y a pas d'alimentation électrique disponible aux environs immédiats de l'ouvrage. L'armoire centrale devra être autonome en énergie. Il pourra être envisagé des solutions de type « batterie » ou « panneaux photovoltaïques ».

L'armoire centrale devra par ailleurs être protégée de vandalisme. Elle sera installée dans une cage métallique avec un système d'accès sécurisé.

Les armoires seront installées sur les mur en retour tel qu'indiqué sur la photo ci-dessous.



Figure 37 : Exemple de centrale de mesure / Implantation de la centrale de mesure sur l'ouvrage

Fonctionnement de l'armoire centrale

L'instrumentation de surveillance associée aux centrales de mesures devra être conforme à l'ensemble des prescriptions de la norme NF EN ISO 12696 : 2017.

Les armoires centrales seront asservies à une centrale de mesures (ou automates de mesures) permettant de collecter et de sauvegarder les données de fonctionnement de l'installation et de les rendre accessibles à tout moment, soit directement à un opérateur sur place, soit à distance via un système de télétransmission 3G, 4G ou GSM.

Les centrales de mesures équipées de leur système de télétransmission devront permettre de rendre possible les interventions à distance suivantes :

collecte et sauvegarde programmées des paramètres de fonctionnement des systèmes (intensité de courant de sortie de chaque zone) et des valeurs de potentiel mesurées par les capteurs de surveillance,

- la réalisation de tests de dépolarisation,
- envoi d'alarmes en cas de défaut d'alimentation ou de fonctionnement ou de mesures non satisfaisantes (valeurs hors consignes préétablies).
 - Le fonctionnement des centrales de mesures sera régi par une horloge en temps réel incluse dans toutes les unités de mesure.
 - Elles devront avoir une impédance d'entrée d'au moins $10\text{ M}\Omega$ (entre $10\text{ M}\Omega$ et $20\text{ M}\Omega$) et une résolution d'au moins 1 mV sur une plage minimale de 2000 mV et une précision de $\pm 5\text{ mV}$ ou mieux.

- Les centrales de mesures devront disposer de sorties synchronisables afin de permettre le mesurage correct des dépolarisations et des potentiels à courant coupé suivant un cycle de coupure donné.
- L'atténuation du bruit de fond, la précision et la période de mesurage (échantillonnage) les centrales de mesures devront être suffisantes pour permettre de mesurer le potentiel acier/béton dans un intervalle de coupure de 100 ms à 500 ms, avec une période de ± 5 mV ou mieux.

Les voltmètres pour les mesures de tension ou de potentiel devront avoir une résolution minimale de 1mV, une précision de ± 1 mV ou mieux et une impédance d'entrée supérieure à 10 M Ω .

Les mesures de courant seront réalisées par des ampèremètres ou par tout autre dispositif approprié (shunt) d'une précision et d'une résolution telles que la valeur soit mesurée à $\pm 1\%$.

Les appareils de mesure devront être numériques et pas analogiques.

Un système informatisé de gestion des données sera associé à la centrale de mesure afin de collecter, trier, ordonner, présenter, archiver et sauvegarder les données de fonctionnement et de performance provenant de l'installation conformément aux prescriptions de la norme NF EN ISO 12696 : 2017.

Le système devra permettre de présenter les données à la fois sous forme de tableaux et de graphiques et d'en fournir un historique sur une période donnée pouvant remonter jusqu'à la mise en service.

Il devra être capable de facilement et rapidement identifier les points de mesure qui seront hors des limites de performance préétablies et configurées par l'utilisateur.

d) Vérification de la performance du système – suivi et maintenance

Après la mise en place des anodes et leur connexion, la performance du système sera évaluée après un temps de fonctionnement de 7 à 28 jours.

La mise en service du système doit permettre de constater que l'ensemble des potentiels de l'acier se décale négativement. La performance du système est évaluée par rapport aux critères de protection prévus à l'article §8.6 de la NF EN ISO 12696 qu'ils doit vérifier :

- Aucun potentiel acier/béton à courant coupé inférieur à -1100 mV par rapport à l'Ag/AgCl/KCL 0,5 M,

Et l'un des trois critères ci-dessous :

- Un potentiel « à courant coupé » plus négatif que - 720mV par rapport à l'Ag/AgCl/KCL 0,5M,
- Une dépolarisation d'au moins 100mV sur un maximum de 24h à partir de la coupure de courant,
- Une dépolarisation pendant une longue période (plus de 24h) d'au moins 150 mV à partir de la coupure du courant.

Le suivi de l'installation sera faite aux fréquences mentionnées ci-dessous :

→ Vérification du bon fonctionnement du système :

- 1 fois par mois au cours de la 1ère année,
- Puis une fois tous les trimestres,

→ Evaluation de la performance du système :

- 1 fois par trimestre au cours de la 1ère année,
- Puis 1 fois par semestre,

6.8 Traitement des fissures par injection et calfeutrement

Le traitement des fissures a pour but de réduire l'infiltration des agents polluants, principalement en intrados du tablier. Ces éléments n'ont pas pu être mesurés lors de la visite Diadès sans moyens. Un relevé contradictoire avec l'entreprise devra avoir lieu afin d'apprécier l'étendue des travaux d'injection de fissure.

Ainsi, il sera prévu la réalisation :

- De calfeutrement par une résine époxyde, pour les fissures de faible ouverture,
- D'injections de fissures pour les ouvertures conséquentes.

Le traitement des fissures par pontage ou injection peut remplir plusieurs fonctions :

- Une fonction d'étanchéité, en obstruant la fissure de façon à empêcher la pénétration de tout corps étranger et, en particulier, de l'eau,
- Une fonction de remplissage. L'espace vide est alors rempli par un matériau adhérent ou non, déformable ou non. Ce peut être le cas de fissures vivantes dont on ne cherche pas à bloquer le mouvement,
- Une fonction mécanique. Le matériau injecté rétablit alors le monolithisme de la structure, ses caractéristiques sont élevées et il adhère aux surfaces qu'il rencontre ; ce cas concerne en général le béton précontraint fissuré avant mise en œuvre d'une précontrainte additionnelle.

L'injection consiste à remplir des fissures par un produit susceptible de créer une liaison mécanique et/ou une étanchéité entre les parties disjointes. Cette technique ne s'applique qu'aux fissures dont l'ouverture est supérieure ou égale à 0,3 mm.

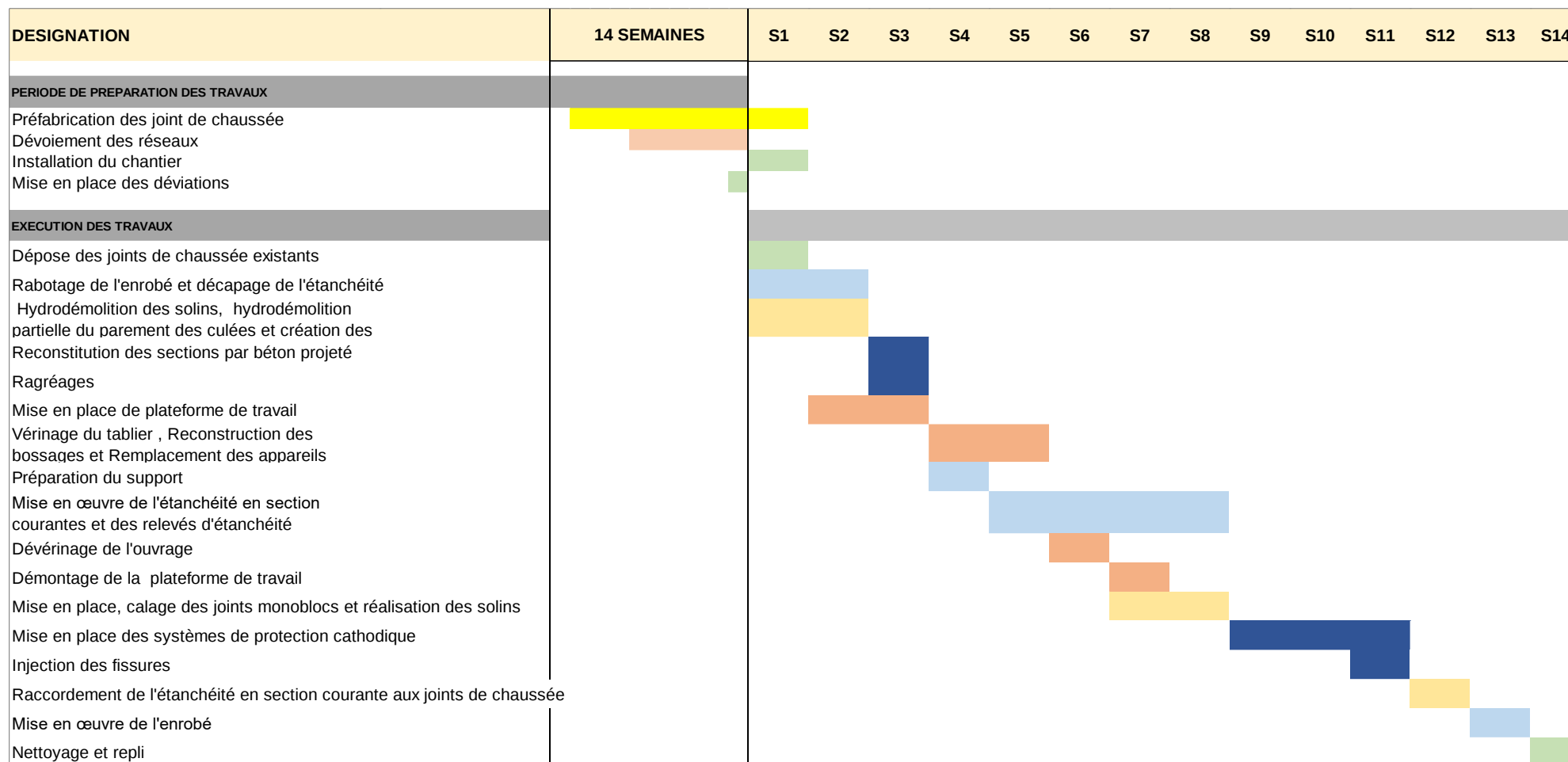
Nous préconisons le document guide suivant :

- Guide du STRES 3 (FABEM) : Traitement des fissures par injection.

7 — Planning

Les travaux de réparation de l'ouvrage ont pour objectif d'assurer l'étanchéité de l'extrados de l'ouvrage y compris des lignes de joint afin de stopper toute venue d'eau au niveau de l'environnement des appareils d'appuis et du hourdis dans lequel certains câbles de précontraint sont relevés. Ensuite ces travaux permettront également de réparer les bétons dégradés des culées et murs garde-grève par un système de protection cathodique. Le phasage des travaux hors les opérations de balisage est présenté comme suit :

- Installations de chantier,
- Dépose des joints de chaussée existants,
- Rabotage de l'enrobé et décapage de l'étanchéité,
- Hydrodémolition des solins, hydrodémolition partielle du parement des culées et création des rainures,
- Vérinage de l'ouvrage,
- reprise des bossages sur culées ,
- Remplacement des appareils d'appuis sur piles et culées,
- Mise en œuvre de l'étanchéité,
- Mise en place des joints de chaussée monoblocs,
- Mise en place des systèmes de protection cathodique,
- Injection des fissures,
- Raccordement de l'étanchéité en section courante aux joints de chaussée,
- Mise en œuvre de l'enrobé,



8 — METRE ET CHIFFRAGE

Le coût des travaux est estimé à **668 788,25 € HT** soit **802 545,90 € TTC**.

N°	DESIGNATION	U	QTE	PU (HT)	PT (HT)	Sous-Total
100	PRIX GENERAUX					125 000.00 €
101	Installations de chantier	Ft	1	75 000.00 €	75 000.00 €	
102	Signalisation temporaire de chantier et de déviation	Ft	1	25 000.00 €	25 000.00 €	
103	Moyens d'accès	Ft	1	3 500.00 €	3 500.00 €	
104	Etudes d'exécutions et méthodes	Ft	1	10 000.00 €	10 000.00 €	
105	PAQ, PAQE, PPSPS et DOE	Ft	1	2 500.00 €	2 500.00 €	
106	Essai de convenue	Ft	1	2 500.00 €	2 500.00 €	
107	Dispositif provisoire de franchissement des lignes de joints	Ft	1	6 500.00 €	6 500.00 €	
200	TRAVAUX DE JOINTS DE CHAUSSEE					84 080.00 €
201	Dépose et évacuation des joints de chaussée existants	ml	18	150.00 €	2 700.00 €	
202	Dépose et évacuation des joints de trottoir existants	ml	4	100.00 €	400.00 €	
203	Hydrodémolition des solins	m³	6	3 500.00 €	21 000.00 €	
204	Coffrage et préparation de la feuillure	ml	22	140.00 €	3 080.00 €	
205	Ancrage des armatures de renforts	U	160	15.00 €	2 400.00 €	
206	Joints de chaussée monoblocs D100	ml	22	1 400.00 €	30 800.00 €	
207	Plus value pour les dispositifs anti-bruit	ml	22	900.00 €	19 800.00 €	
208	Béton pour solins	m³	6	450.00 €	2 700.00 €	
209	Raccordement de l'étanchéité	m²	20	60.00 €	1 200.00 €	
300	TRAVAUX D'ETANCHEITE ET ENROBE					219 462.00 €
301	Sciage de l'enrobé	ml	20	10.00 €	200.00 €	
302	Rabotage de l'enrobé	m²	1426	15.00 €	21 390.00 €	
303	Décapage de l'étanchéité	m²	1276	25.00 €	31 900.00 €	
304	Préparation de support en BBTM	t	76.56	200.00 €	15 312.00 €	
305	Etanchéité en section courante	m²	1276	65.00 €	82 940.00 €	
306	Relevé d'étanchéité	ml	320	40.00 €	12 800.00 €	
307	Béton bitumineux BBSG 0/14	t	276	170.00 €	46 920.00 €	
308	Caniveau asphalte	ml	320	25.00 €	8 000.00 €	
400	TRAVAUX DE VERINAGE ET REMPLACEMENT DES APPAREILS D'APPUIS					115 900.00 €
401	Amenée et repli de l'atelier de vérinage	Ft	1	25 000.00 €	25 000.00 €	
402	Vérinage par LAO et calage du tablier	Ft	1	65 000.00 €	65 000.00 €	
403	Plus value pour réalisation de nuit	Ft	1	7 500.00 €	7 500.00 €	
404	Déverinage du tablier	U	1	10 000.00 €	10 000.00 €	
405	Dépose et évacuation des appareils d'appuis existants	U	8	75.00 €	600.00 €	
406	Dépose et évacuation des bossages d'appuis	U	4	150.00 €	600.00 €	
407	Remplacement des bossages d'appuis	U	4	300.00 €	1 200.00 €	
408	Remplacement des appareils d'appuis	U	8	750.00 €	6 000.00 €	
500	TRAVAUX DE REPARATION DES BETONS					124 346.25 €
501	Hydrodémolition au niveau des culées	m³	1.250	3 500.00 €	4 375.00 €	
502	Renforts d'armatures	kg	126	5.00 €	630.00 €	
503	Béton projeté	m³	1.250	1 125.00 €	1 406.25 €	
504	Injection de fissures	ml	60	225.00 €	13 500.00 €	
505	Ragréage de béton dégradé	m²	45	175.00 €	7 875.00 €	
506	Anodes pour les chevêtres	U	180	200.00 €	36 000.00 €	
507	Anodes pour les murs garde-grève	U	160	125.00 €	20 000.00 €	
508	Electrodes de référence	U	8	250.00 €	2 000.00 €	
509	Sondes de dépolarisation	U	8	100.00 €	800.00 €	
510	Câblage	Ft	1	9 200.00 €	9 200.00 €	
511	Connexions négatives	U	12	90.00 €	1 080.00 €	
512	Connexions aux armatures pour mesure	U	6	80.00 €	480.00 €	
513	Centrales de mesures	U	2	7 500.00 €	15 000.00 €	
514	Suivi et maintenance des installations sur 12 mois	Ft	1	12 000.00 €	12 000.00 €	
				TOTAL HT	668 788.25 €	
				TVA 20%	133 757.65 €	
				Montant TTC	802 545.90 €	

9 — ANNEXES

9.1 Plans de principe des travaux

TRAVAUX D'ESOA EN DIR EST

RN 5 - PR70 + 100

Pont sur l'Ain à Cize (39)

ETUDES PRO



diadès

setec



direction
interdépartementale
des routes
Est

Cahier de plans

A	08/10/2021	Première émission	FONTANON	EDOH
Ind	Date	Modifications	Dessiné par :	Vérifié par :



**PLAN D'INSTALLATION DE CHANTIER ET
SITUATION DE L'OUVRAGE**

1 cm = 25,00 m



Photographie 1: Vue générale de l'ouvrage



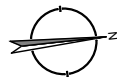
Photographie 2: Vue de l'ouvrage depuis l'extrados



Photographie 3: Vue de la zone d'installation de chantier

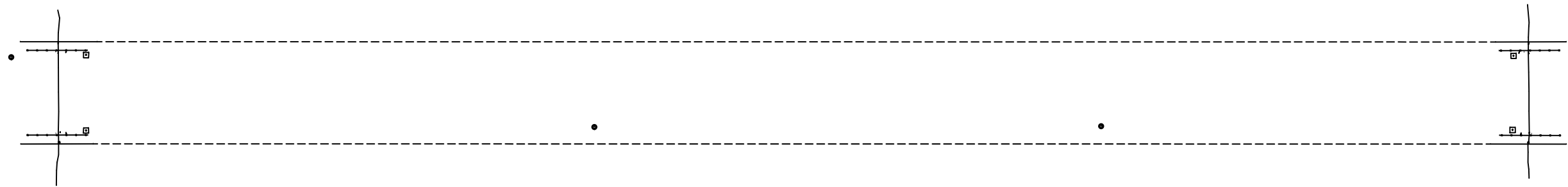
 direction interdépartementale des routes Est	DIR EST			 diadès setec																																											
	Conception des réparations																																														
	Pont sur l'Ain à Cize (39) - RN5 - PR70+100																																														
Plan de principe des travaux PLAN DE SITUATION DE L'OUVRAGE																																															
Dessiné par : FONTANON		Vérifié par : EDOH		Date : 08 / 10 / 2021																																											
<table border="1"><tr><td>0</td><td>2</td><td>7</td></tr><tr><td colspan="3">N°société</td></tr></table>	0	2	7	N°société			<table border="1"><tr><td>4</td><td>7</td><td>6</td><td>9</td><td>7</td></tr><tr><td colspan="5">N°d'affaire</td></tr></table>	4	7	6	9	7	N°d'affaire					<table border="1"><tr><td>D</td></tr><tr><td>S</td></tr></table>	D	S	<table border="1"><tr><td>T</td></tr><tr><td>T</td></tr></table>	T	T	<table border="1"><tr><td>E</td><td>T</td><td>U</td></tr><tr><td colspan="3">Phase étude</td></tr></table>	E	T	U	Phase étude			<table border="1"><tr><td>P</td><td>R</td><td>O</td></tr><tr><td colspan="3">Sous Phase</td></tr></table>	P	R	O	Sous Phase			<table border="1"><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td colspan="3">N°de Plan</td></tr></table>	0	0	1	N°de Plan			<table border="1"><tr><td>A</td></tr><tr><td>Indice</td></tr></table>	A	Indice
0	2	7																																													
N°société																																															
4	7	6	9	7																																											
N°d'affaire																																															
D																																															
S																																															
T																																															
T																																															
E	T	U																																													
Phase étude																																															
P	R	O																																													
Sous Phase																																															
0	0	1																																													
N°de Plan																																															
A																																															
Indice																																															

Cize



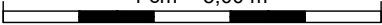
Besançon

PROFIL n°1



VUE EN PLAN

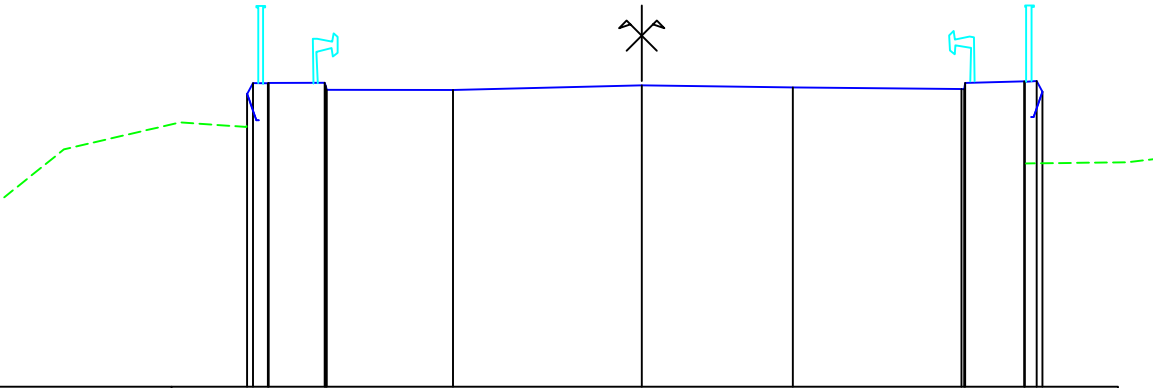
1 cm = 5,00 m



Besançon



Cize

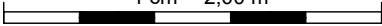


PC : 534.00 m

Altitudes TN	538.02	537.92	537.92	537.98	537.96	537.93	538.04	537.96
Distances à l'axe TN	-4.93	-4.17	-2.50	0.00	2.00	4.23	5.06	5.30
Distances partielles TN	0.21	0.77	1.67	2.50	2.00	2.23	0.83	0.18

PROFIL EN TRAVERS n°1

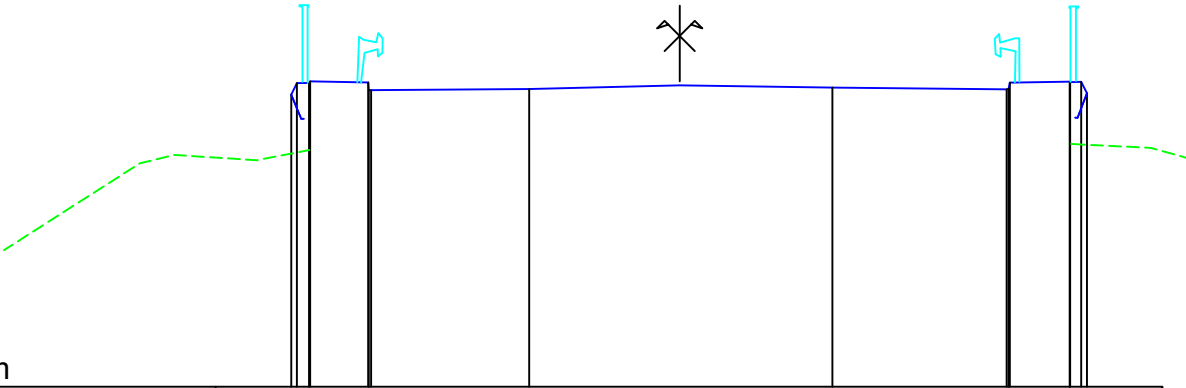
1 cm = 2,00 m



Besançon



Cize

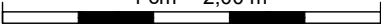


PC : 534.00 m

Altitudes TN	537.32	537.21	537.22	537.27	537.24	537.21	537.32	537.46
Distances à l'axe TN	-4.89	-4.08	-1.99	0.00	2.02	4.33	5.16	5.39
Distances partielles TN	0.18	0.81	2.09	1.99	2.02	2.31	0.83	0.18

PROFIL EN TRAVERS n°2

1 cm = 2,00 m



Nota :
Plans issus du relevé topographique réalisé par CLERGET.



direction
interdépartementale
des routes
Est

DIR EST

Conception des réparations

Pont sur l'Ain à Cize (39) - RN5 - PR70+100



diadès

setec

Relevé topographique de l'ouvrage

TOPOGRAPHIE : Vue en plan & Coupes transversales

Dessiné par : FONTANON

Vérifié par : EDOH

Date : 08 / 10 / 2021

027

47697

D

T

ETU

PRO

002

A

N°société

N°d'affaire

S

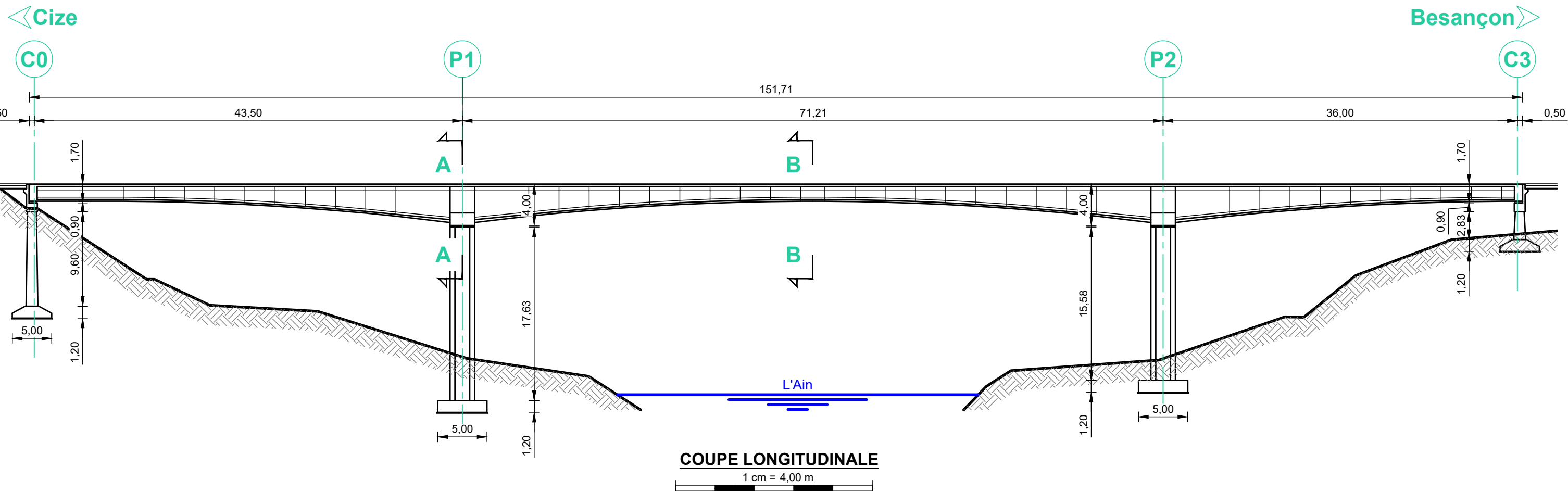
T

Phase étude

Sous Phase

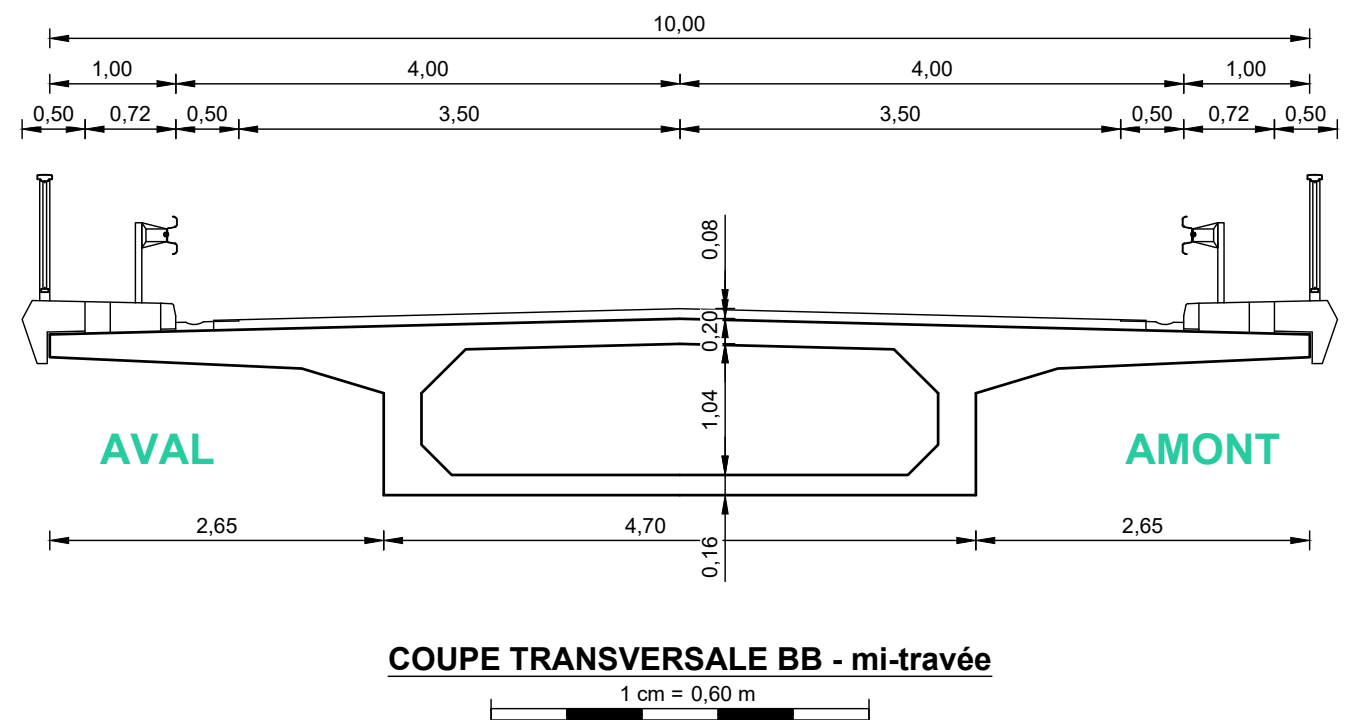
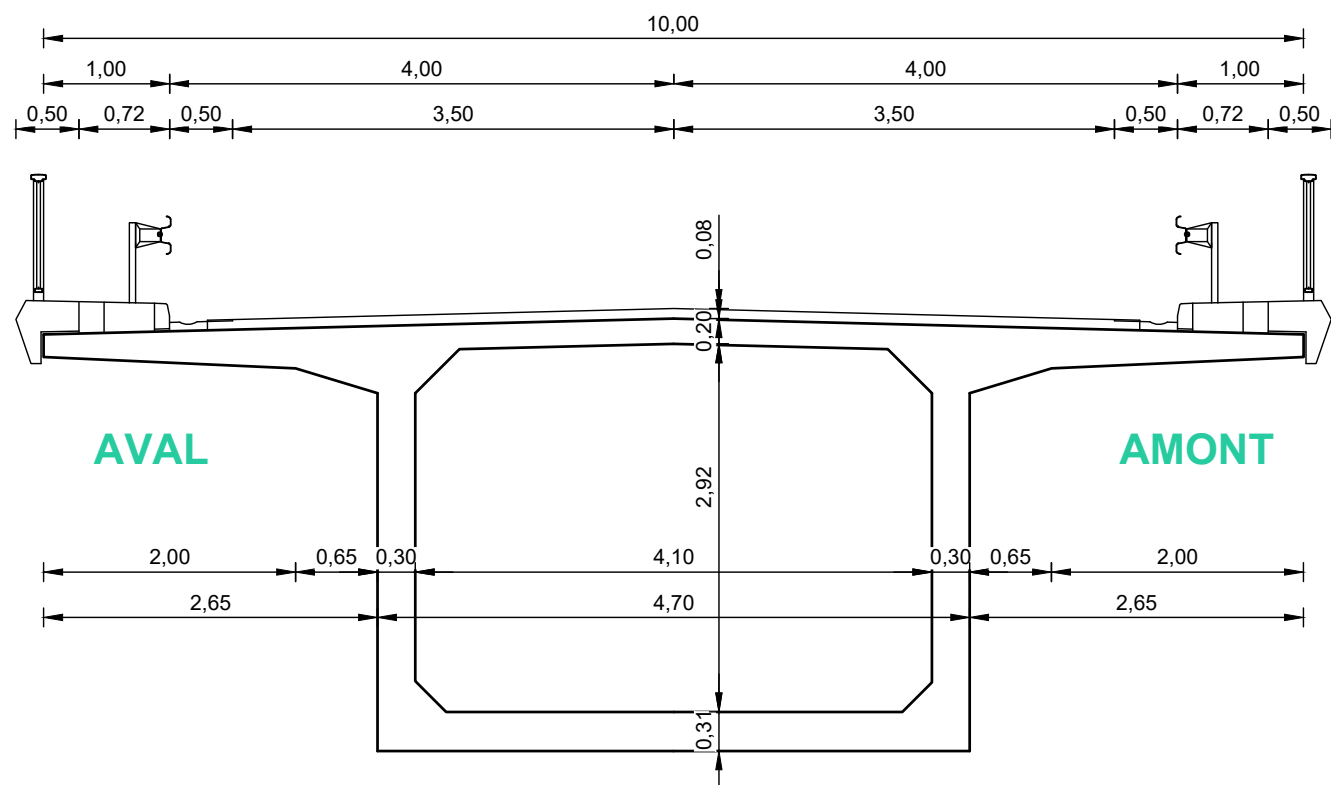
N°de Plan

Indice

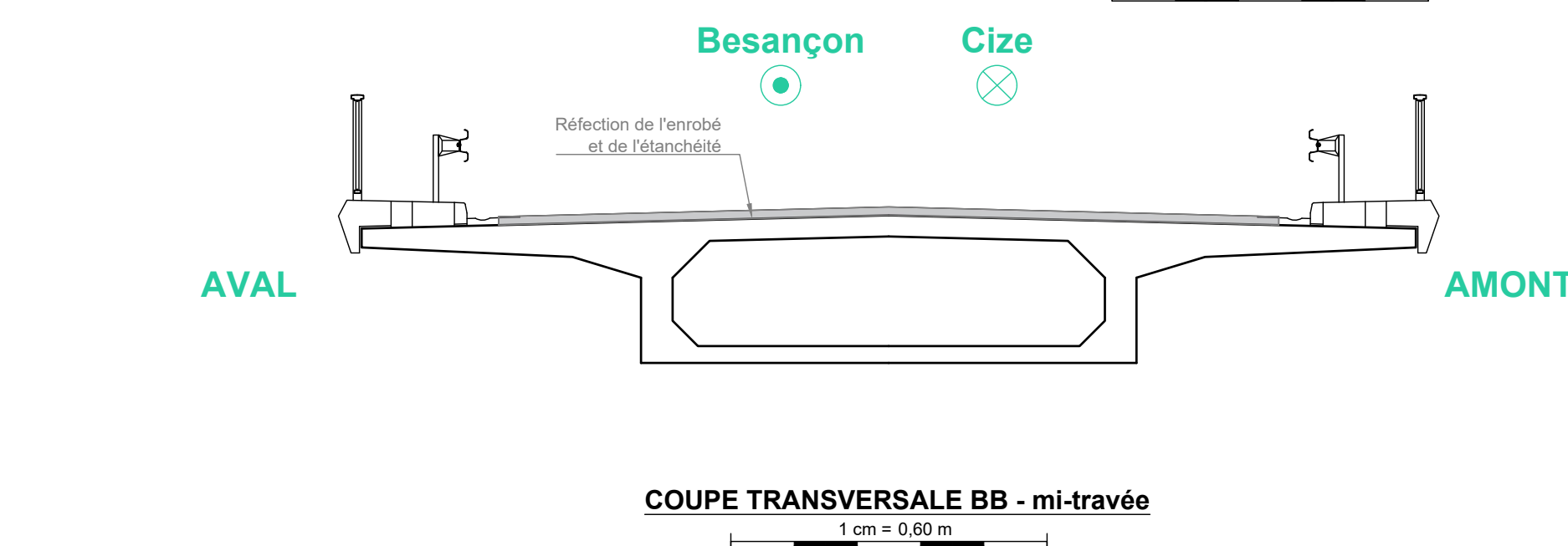
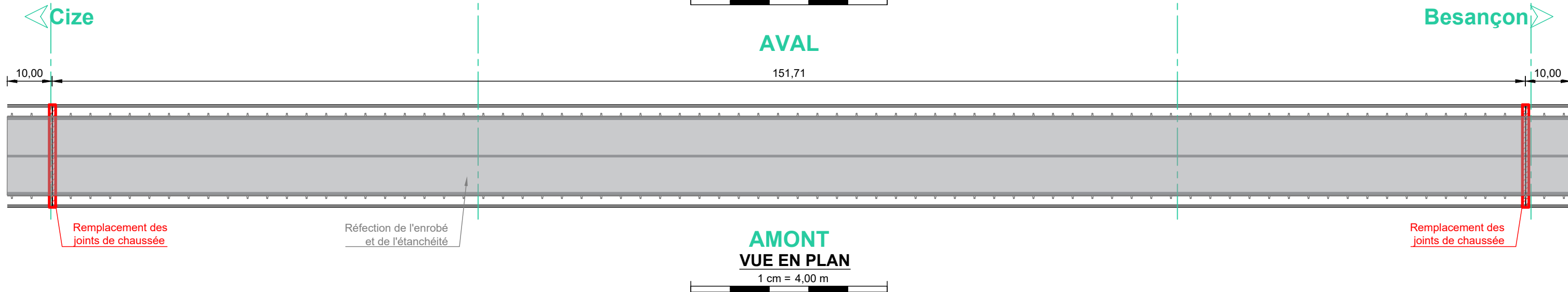
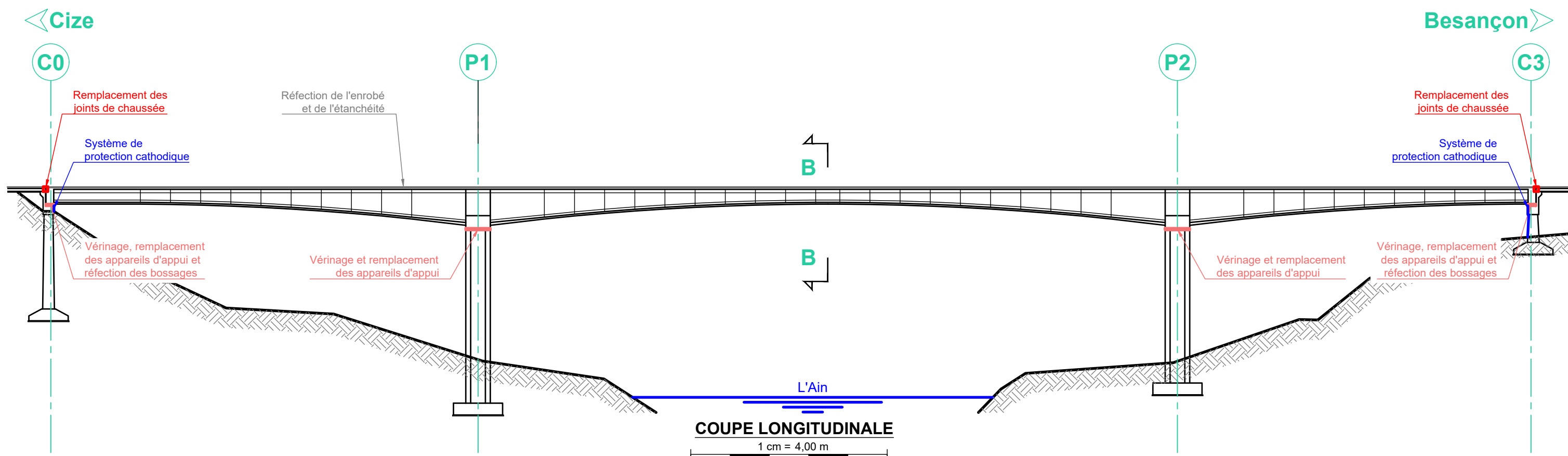


Besançon Cize

Besançon Cize

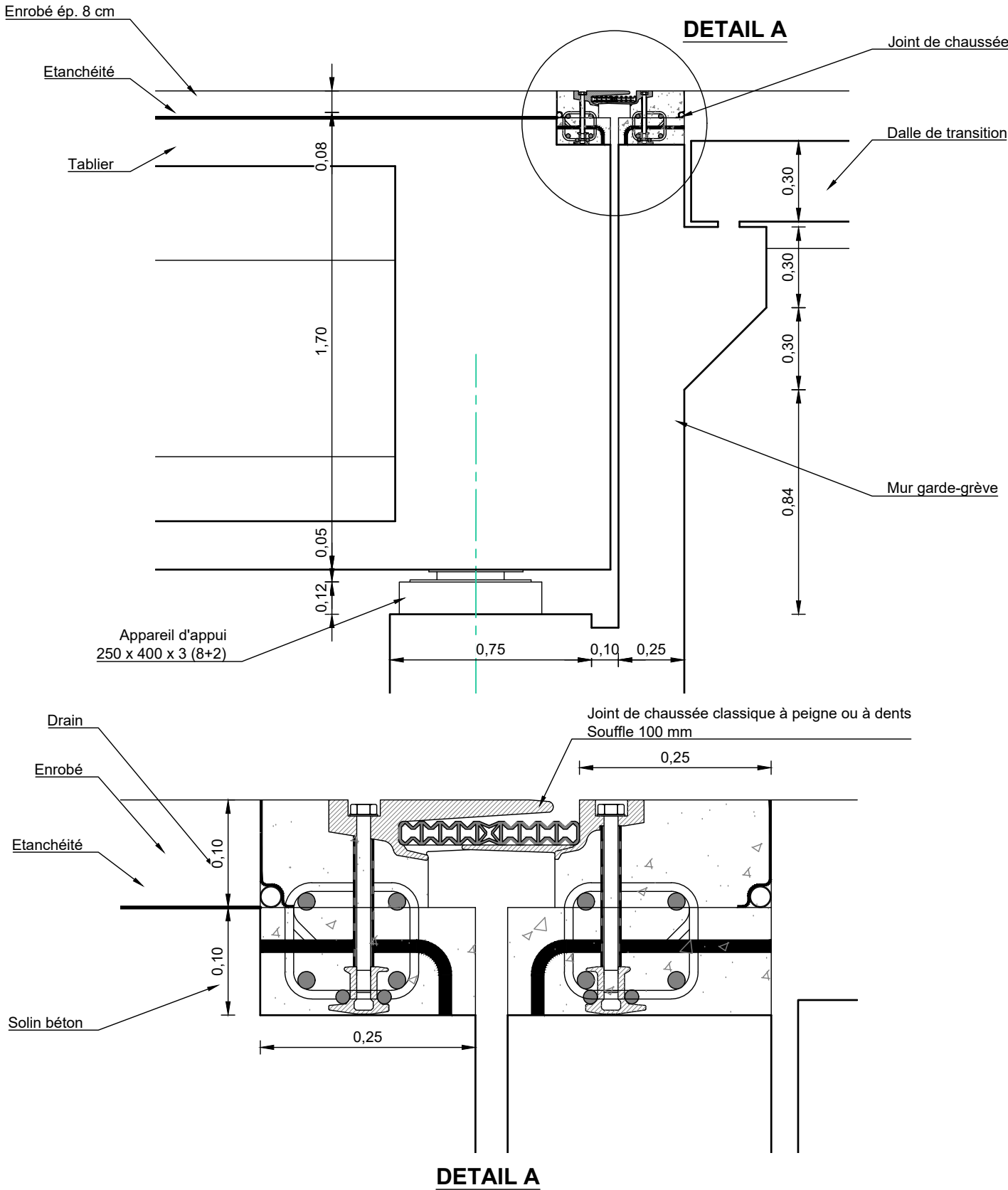


	DIR EST																																														
	Conception des réparations																																														
	Pont sur l'Ain à Cize (39) - RN5 - PR70+100																																														
Schémas d'ouvrage																																															
OUVRAGE EXISTANT - Plans d'ensemble																																															
Dessiné par : FONTANON		Vérifié par : EDOH		Date : 08 / 10 / 2021																																											
<table border="1"><tr><td>0</td><td>2</td><td>7</td></tr><tr><td colspan="3">N°société</td></tr></table>	0	2	7	N°société			<table border="1"><tr><td>4</td><td>7</td><td>6</td><td>9</td><td>7</td></tr><tr><td colspan="5">N°d'affaire</td></tr></table>	4	7	6	9	7	N°d'affaire					<table border="1"><tr><td>D</td></tr><tr><td>S</td></tr></table>	D	S	<table border="1"><tr><td>T</td></tr><tr><td>T</td></tr></table>	T	T	<table border="1"><tr><td>E</td><td>T</td><td>U</td></tr><tr><td colspan="3">Phase étude</td></tr></table>	E	T	U	Phase étude			<table border="1"><tr><td>P</td><td>R</td><td>O</td></tr><tr><td colspan="3">Sous Phase</td></tr></table>	P	R	O	Sous Phase			<table border="1"><tr><td>0</td><td>0</td><td>3</td></tr><tr><td colspan="3">N°de Plan</td></tr></table>	0	0	3	N°de Plan			<table border="1"><tr><td>A</td></tr><tr><td>Indice</td></tr></table>	A	Indice
0	2	7																																													
N°société																																															
4	7	6	9	7																																											
N°d'affaire																																															
D																																															
S																																															
T																																															
T																																															
E	T	U																																													
Phase étude																																															
P	R	O																																													
Sous Phase																																															
0	0	3																																													
N°de Plan																																															
A																																															
Indice																																															

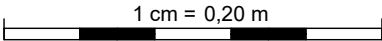


	DIR EST																																														
	Conception des réparations																																														
	Pont sur l'Ain à Cize (39) - RN5 - PR70+100																																														
Plans de principe des travaux																																															
OUVRAGE EXISTANT - Repérage des travaux																																															
Dessiné par : FONTANON		Vérifié par : EDOH	Date : 08 / 10 / 2021																																												
<table><tr><td>0</td><td>2</td><td>7</td></tr><tr><td colspan="3">N°société</td></tr></table>	0	2	7	N°société			<table><tr><td>4</td><td>7</td><td>6</td><td>9</td><td>7</td></tr><tr><td colspan="5">N°d'affaire</td></tr></table>	4	7	6	9	7	N°d'affaire					<table><tr><td>D</td></tr><tr><td>S</td></tr></table>	D	S	<table><tr><td>T</td></tr><tr><td>T</td></tr></table>	T	T	<table><tr><td>E</td><td>T</td><td>U</td></tr><tr><td colspan="3">Phase étude</td></tr></table>	E	T	U	Phase étude			<table><tr><td>P</td><td>R</td><td>O</td></tr><tr><td colspan="3">Sous Phase</td></tr></table>	P	R	O	Sous Phase			<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>4</td></tr><tr><td colspan="3">N°de Plan</td></tr></table>	0	0	4	N°de Plan			<table><tr><td>A</td></tr><tr><td>Indice</td></tr></table>	A	Indice
0	2	7																																													
N°société																																															
4	7	6	9	7																																											
N°d'affaire																																															
D																																															
S																																															
T																																															
T																																															
E	T	U																																													
Phase étude																																															
P	R	O																																													
Sous Phase																																															
0	0	4																																													
N°de Plan																																															
A																																															
Indice																																															

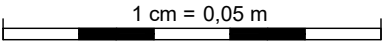
EXISTANT : Joints de chaussée



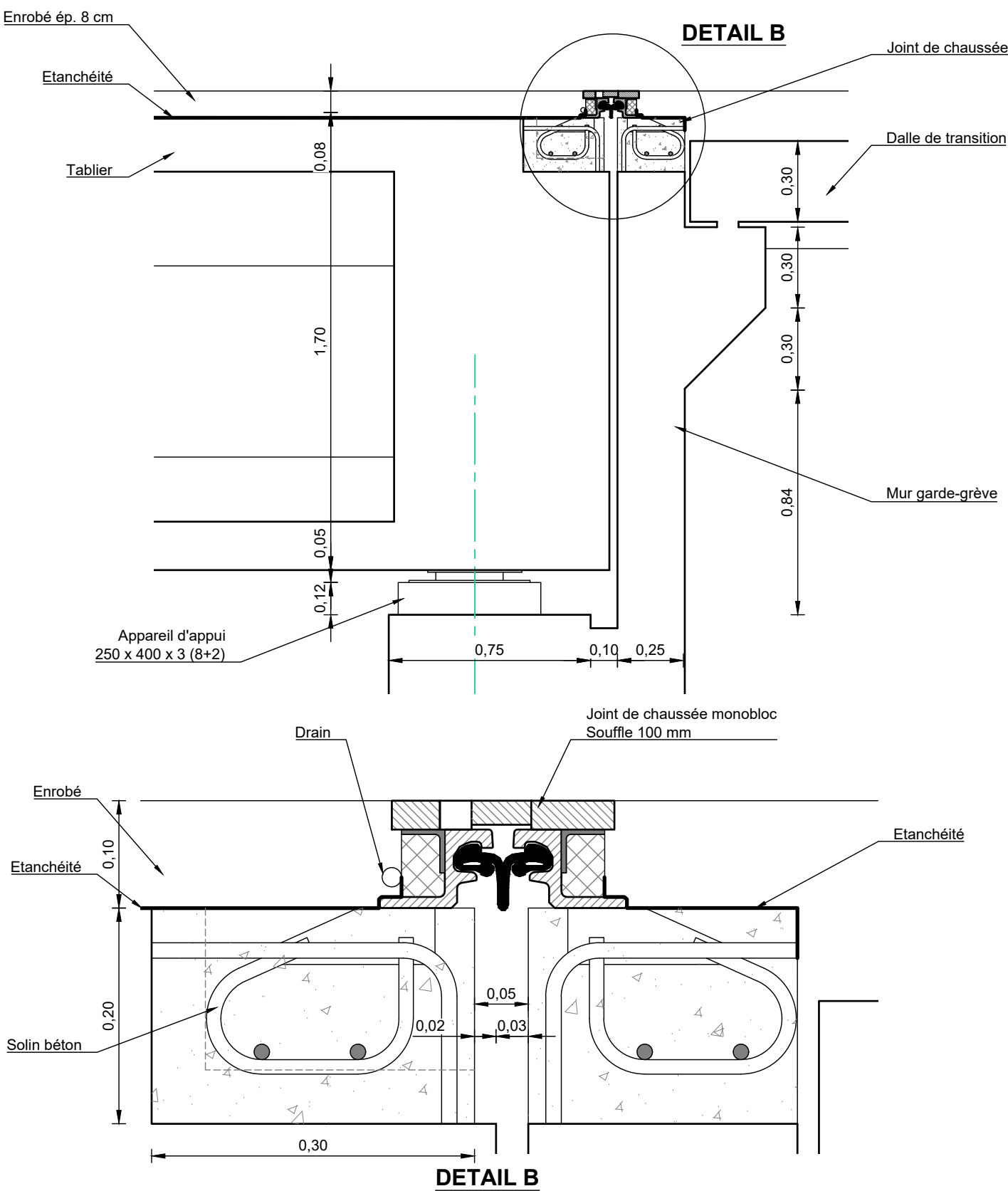
COUPES LONGITUDINALES SUR CULEES



DETAILS DES JOINTS DE CHAUSSEE



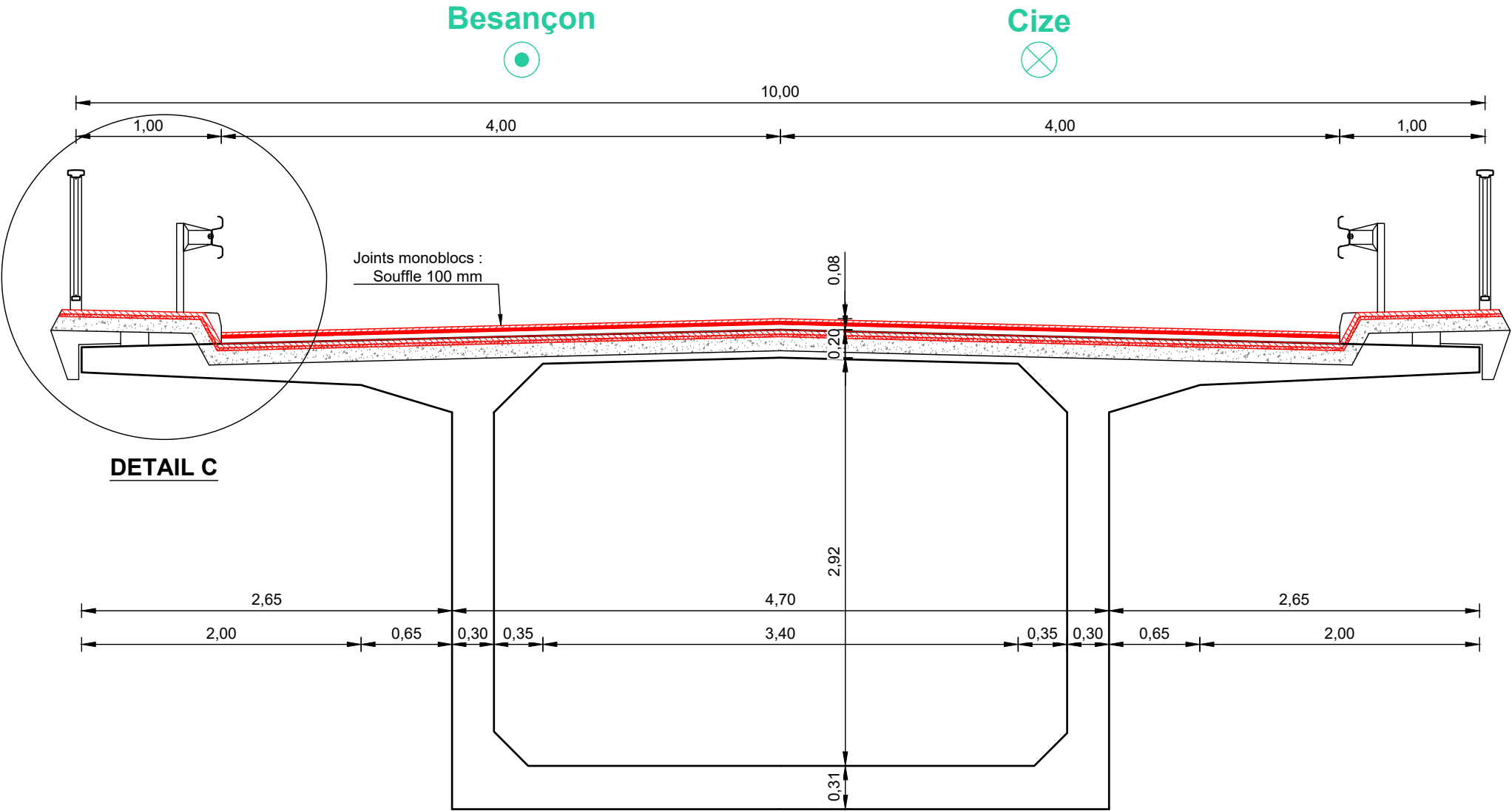
PROJET : Joints de chaussée monoblocs



	DIR EST			
	Conception des réparations			
	Pont sur l'Ain à Cize (39) - RN5 - PR70+100			
Plans de principe des travaux				
OUVRAGE PROJETE - Joints de chaussée monoblocs				
Dessiné par : FONTANON		Vérifié par : EDOH		Date : 08 / 10 / 2021
027 N°société	47697 N°d'affaire	D S	T T	ETU Phase étude
			PRO Sous Phase	005 N°de Plan
				A Indice

AMONT

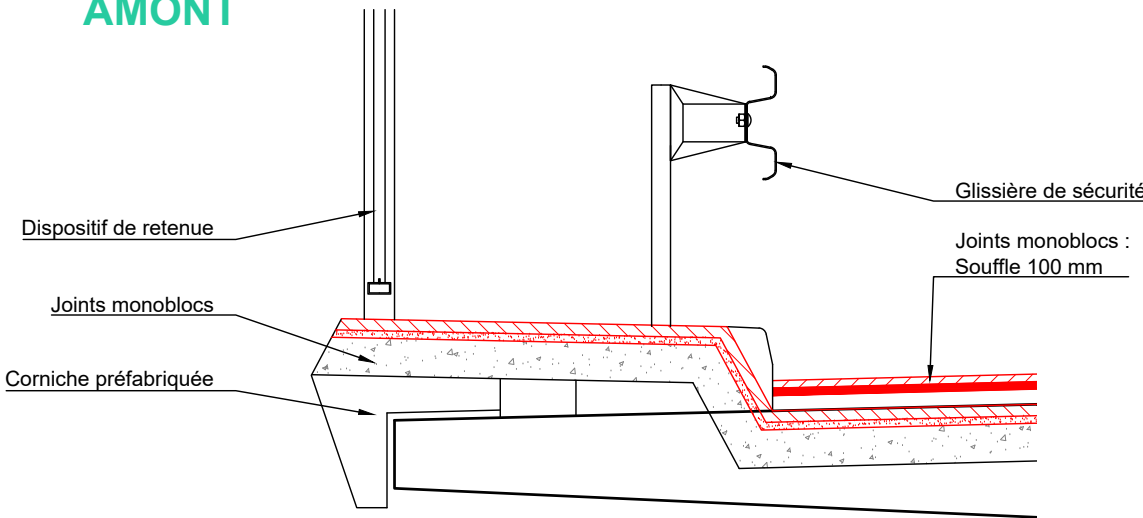
AVAL



COUPE TRANSVERSALE - Joint de chaussée

1 cm = 0,40 m

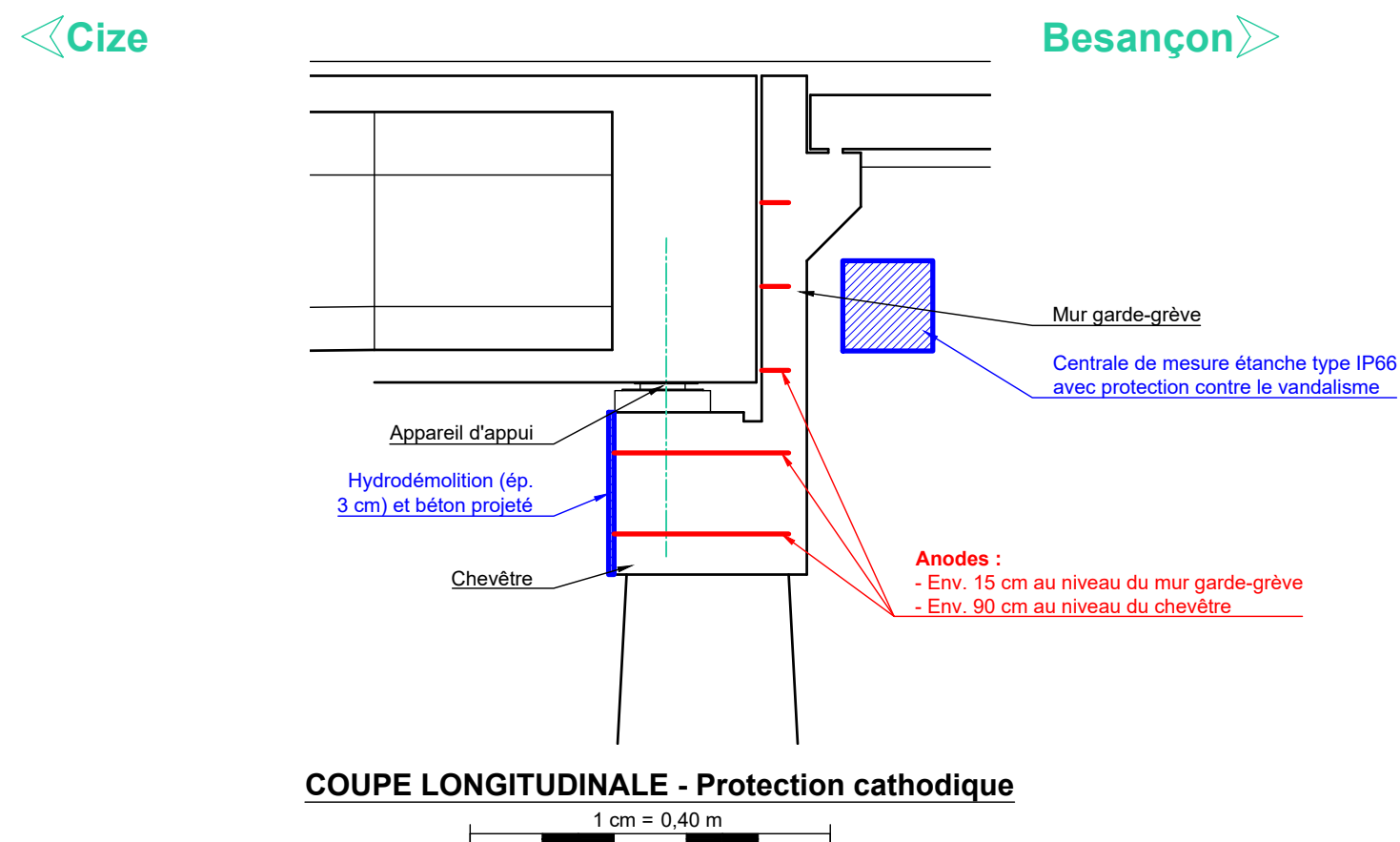
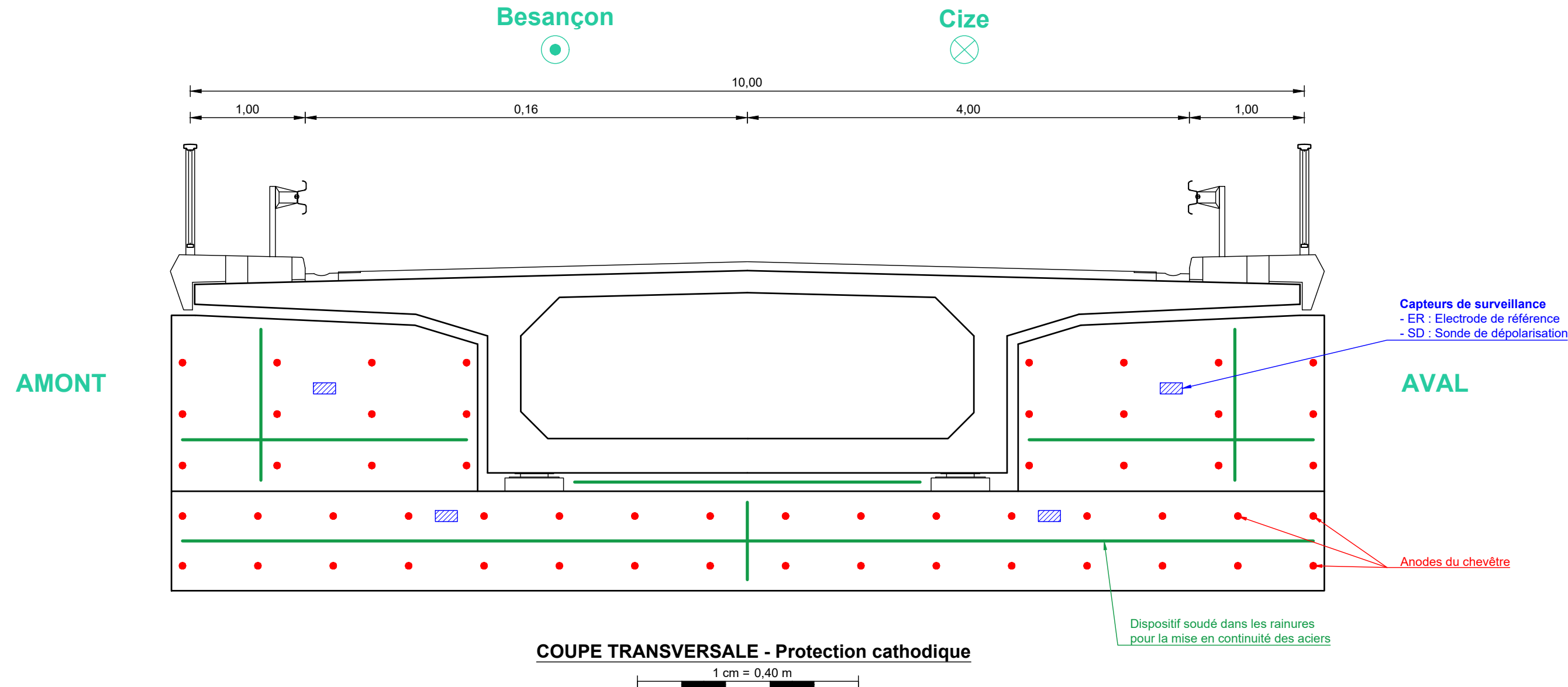
AMONT



DETAIL C - Joint de chaussée

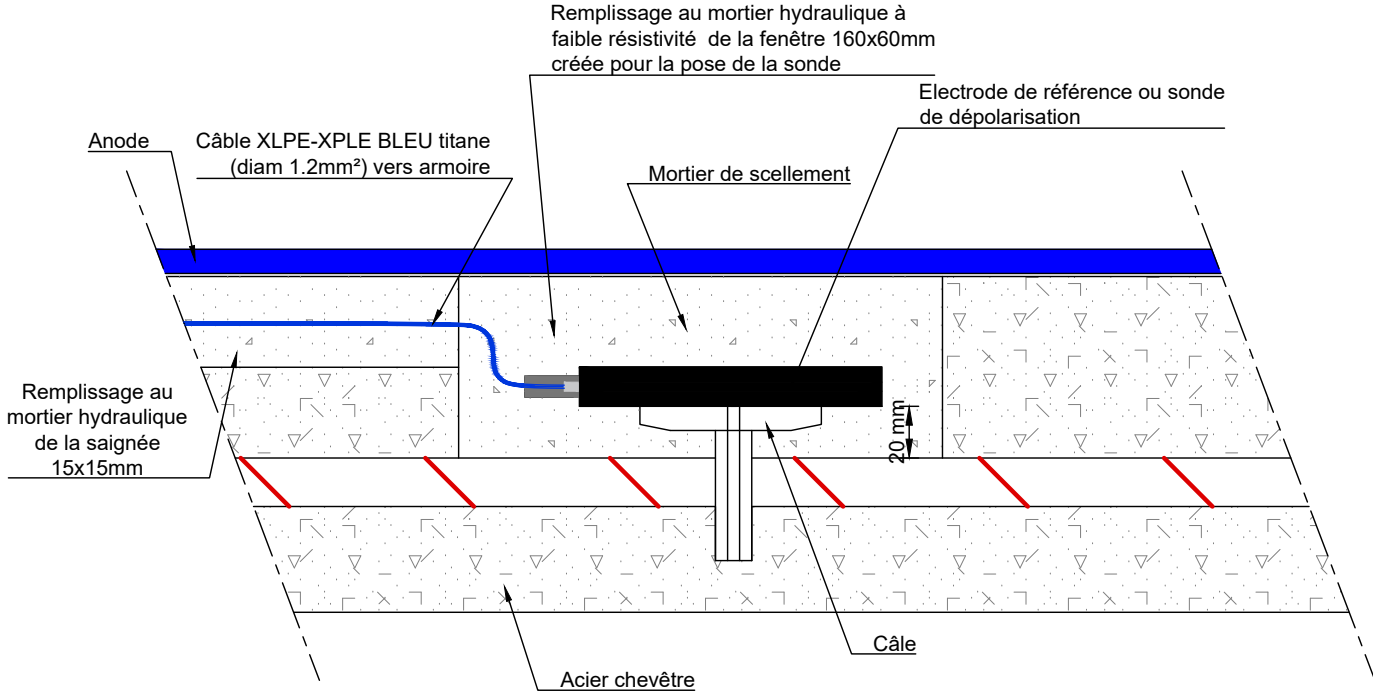
1 cm = 0,20 m

 direction interdépartementale des routes Est	DIR EST			 diadès setec																																											
	Conception des réparations																																														
	Pont sur l'Ain à Cize (39) - RN5 - PR70+100																																														
Plans de principe des travaux																																															
OUVRAGE PROJETE - Joints de chaussée																																															
Dessiné par : FONTANON		Vérifié par : EDOH		Date : 08 / 10 / 2021																																											
<table border="1"><tr><td>0</td><td>2</td><td>7</td></tr><tr><td colspan="3">N°société</td></tr></table>	0	2	7	N°société			<table border="1"><tr><td>4</td><td>7</td><td>6</td><td>9</td><td>7</td></tr><tr><td colspan="5">N°d'affaire</td></tr></table>	4	7	6	9	7	N°d'affaire					<table border="1"><tr><td>D</td></tr><tr><td>S</td></tr></table>	D	S	<table border="1"><tr><td>T</td></tr><tr><td>T</td></tr></table>	T	T	<table border="1"><tr><td>E</td><td>T</td><td>U</td></tr><tr><td colspan="3">Phase étude</td></tr></table>	E	T	U	Phase étude			<table border="1"><tr><td>P</td><td>R</td><td>O</td></tr><tr><td colspan="3">Sous Phase</td></tr></table>	P	R	O	Sous Phase			<table border="1"><tr><td>0</td><td>0</td><td>6</td></tr><tr><td colspan="3">N°de Plan</td></tr></table>	0	0	6	N°de Plan			<table border="1"><tr><td>A</td></tr><tr><td>Indice</td></tr></table>	A	Indice
0	2	7																																													
N°société																																															
4	7	6	9	7																																											
N°d'affaire																																															
D																																															
S																																															
T																																															
T																																															
E	T	U																																													
Phase étude																																															
P	R	O																																													
Sous Phase																																															
0	0	6																																													
N°de Plan																																															
A																																															
Indice																																															

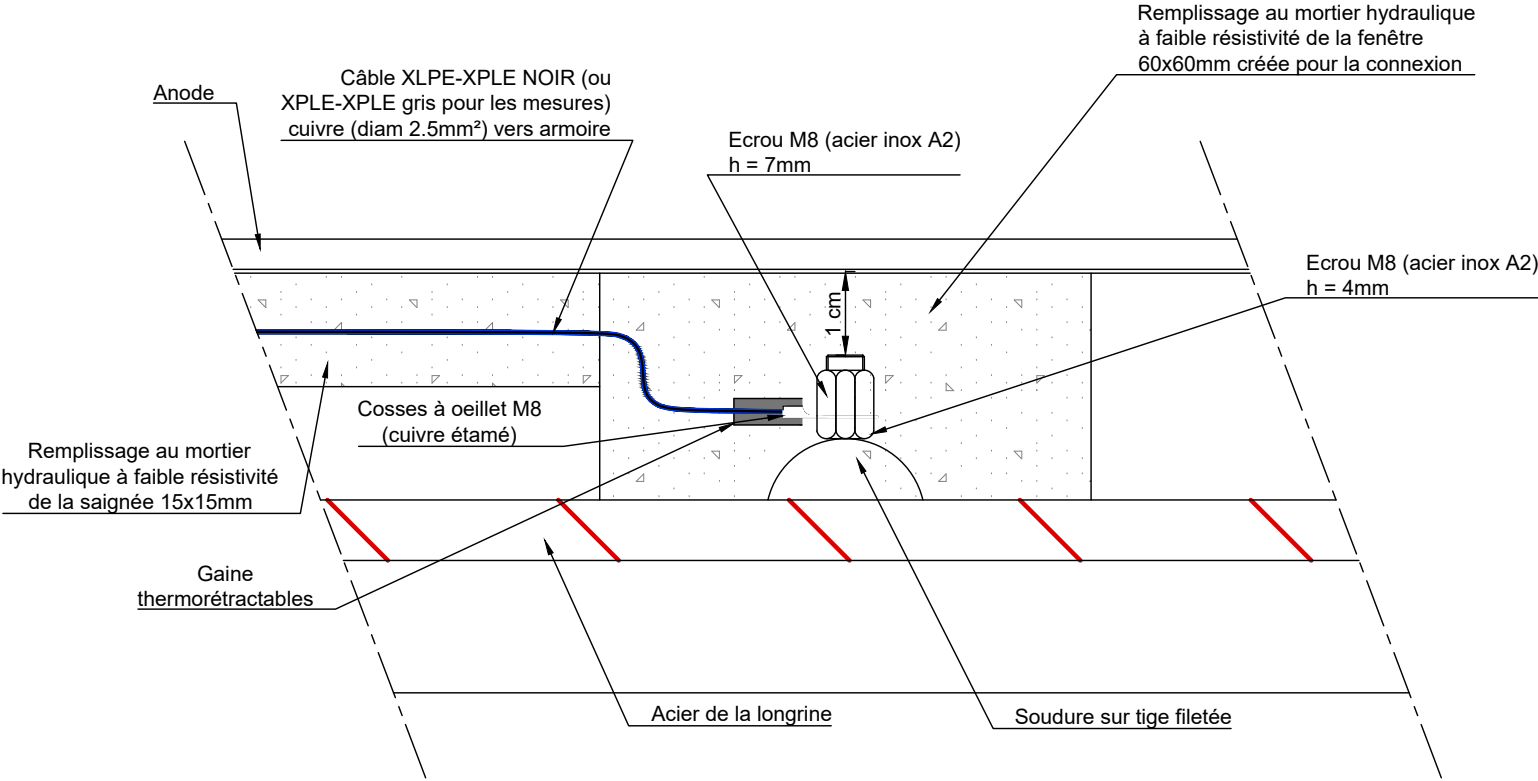


	DIR EST		 diadès 																																												
	Conception des réparations																																														
	Pont sur l'Ain à Cize (39) - RN5 - PR70+100																																														
Plan de principe des travaux																																															
OUVRAGE PROJETE - Protection cathodique des culées																																															
Dessiné par : FONTANON		Vérifié par : EDOH	Date : 08 / 10 / 2021																																												
<table border="1"><tr><td>0</td><td>2</td><td>7</td></tr><tr><td colspan="3">N°société</td></tr></table>	0	2	7	N°société			<table border="1"><tr><td>4</td><td>7</td><td>6</td><td>9</td><td>7</td></tr><tr><td colspan="5">N°d'affaire</td></tr></table>	4	7	6	9	7	N°d'affaire					<table border="1"><tr><td>D</td></tr><tr><td>S</td></tr></table>	D	S	<table border="1"><tr><td>T</td></tr><tr><td>T</td></tr></table>	T	T	<table border="1"><tr><td>E</td><td>T</td><td>U</td></tr><tr><td colspan="3">Phase étude</td></tr></table>	E	T	U	Phase étude			<table border="1"><tr><td>P</td><td>R</td><td>O</td></tr><tr><td colspan="3">Sous Phase</td></tr></table>	P	R	O	Sous Phase			<table border="1"><tr><td>0</td><td>0</td><td>7</td></tr><tr><td colspan="3">N°de Plan</td></tr></table>	0	0	7	N°de Plan			<table border="1"><tr><td>A</td></tr><tr><td>Indice</td></tr></table>	A	Indice
0	2	7																																													
N°société																																															
4	7	6	9	7																																											
N°d'affaire																																															
D																																															
S																																															
T																																															
T																																															
E	T	U																																													
Phase étude																																															
P	R	O																																													
Sous Phase																																															
0	0	7																																													
N°de Plan																																															
A																																															
Indice																																															

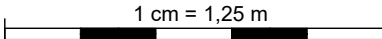
DETAIL D : Plan de principe de pose des électrodes de référence et sondes de dépolarisation



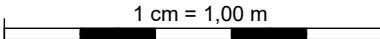
DETAIL E : Plan de principe de raccordement des négatives



DETAIL D - Protection cathodique

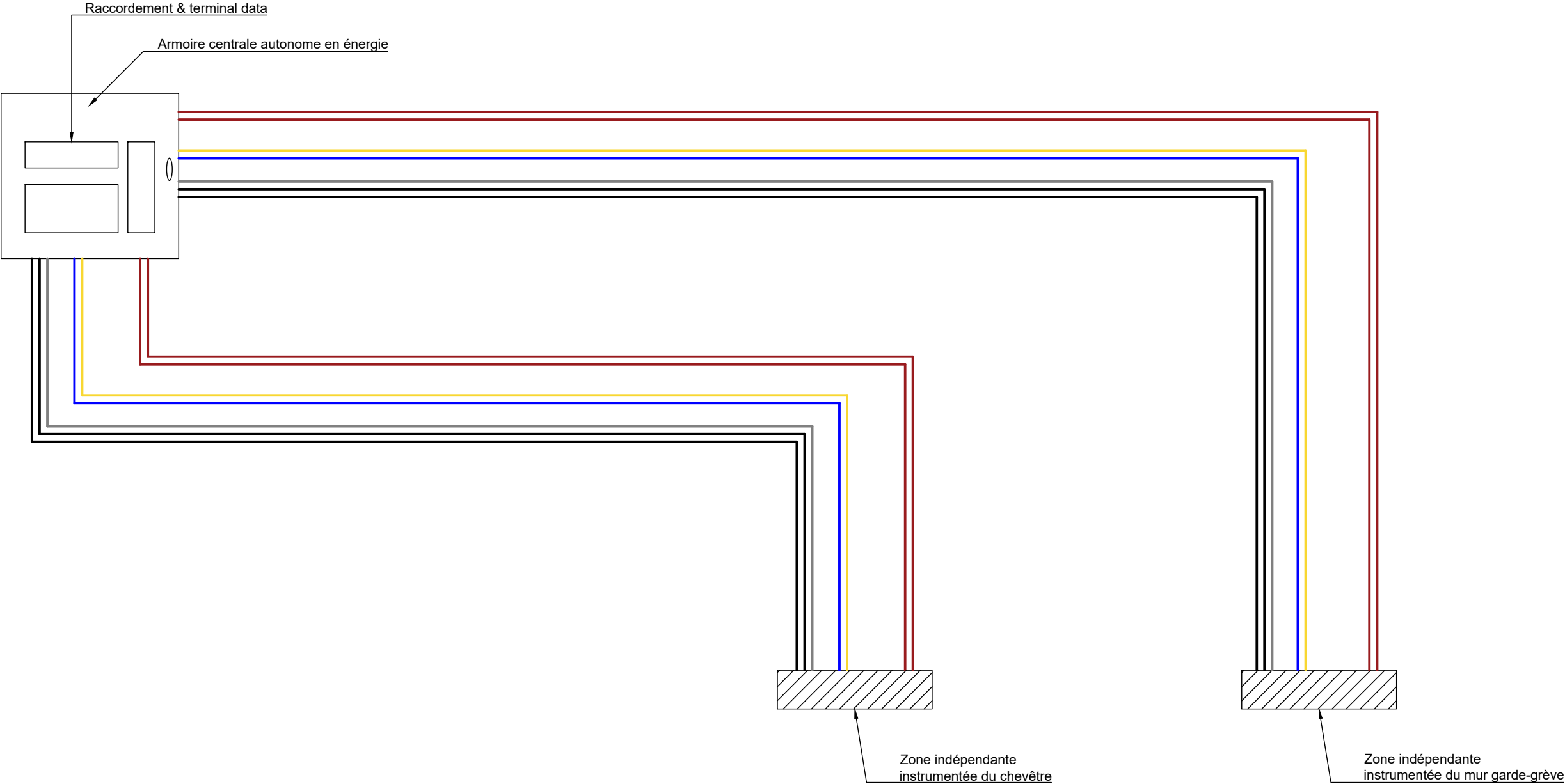


DETAIL E - Protection cathodique



	DIR EST			
	Conception des réparations			
	Pont sur l'Ain à Cize (39) - RN5 - PR70+100			
Plan de principe des travaux				
OUVRAGE PROJETE - Protection cathodique des culées				
Dessiné par : FONTANON		Vérifié par : EDOH		Date : 08 / 10 / 2021
027 N°société	47697 N°d'affaire	D S	T T	ETU Phase étude
			PRO Sous Phase	008 N°de Plan
				A Indice

Schéma global de l'architecture du système



SCHEMA - Protection cathodique

1 cm = 1,25 m

	DIR EST																																														
	Conception des réparations																																														
	Pont sur l'Ain à Cize (39) - RN5 - PR70+100																																														
Plan de principe des travaux																																															
OUVRAGE PROJETE - Protection cathodique des culées																																															
Dessiné par : FONTANON		Vérifié par : EDOH		Date : 08 / 10 / 2021																																											
<table border="1"><tr><td>0</td><td>2</td><td>7</td></tr><tr><td colspan="3">N°société</td></tr></table>	0	2	7	N°société			<table border="1"><tr><td>4</td><td>7</td><td>6</td><td>9</td><td>7</td></tr><tr><td colspan="5">N°d'affaire</td></tr></table>	4	7	6	9	7	N°d'affaire					<table border="1"><tr><td>D</td></tr><tr><td>S</td></tr></table>	D	S	<table border="1"><tr><td>T</td></tr><tr><td>T</td></tr></table>	T	T	<table border="1"><tr><td>E</td><td>T</td><td>U</td></tr><tr><td colspan="3">Phase étude</td></tr></table>	E	T	U	Phase étude			<table border="1"><tr><td>P</td><td>R</td><td>O</td></tr><tr><td colspan="3">Sous Phase</td></tr></table>	P	R	O	Sous Phase			<table border="1"><tr><td>0</td><td>0</td><td>9</td></tr><tr><td colspan="3">N°de Plan</td></tr></table>	0	0	9	N°de Plan			<table border="1"><tr><td>A</td></tr><tr><td>Indice</td></tr></table>	A	Indice
0	2	7																																													
N°société																																															
4	7	6	9	7																																											
N°d'affaire																																															
D																																															
S																																															
T																																															
T																																															
E	T	U																																													
Phase étude																																															
P	R	O																																													
Sous Phase																																															
0	0	9																																													
N°de Plan																																															
A																																															
Indice																																															