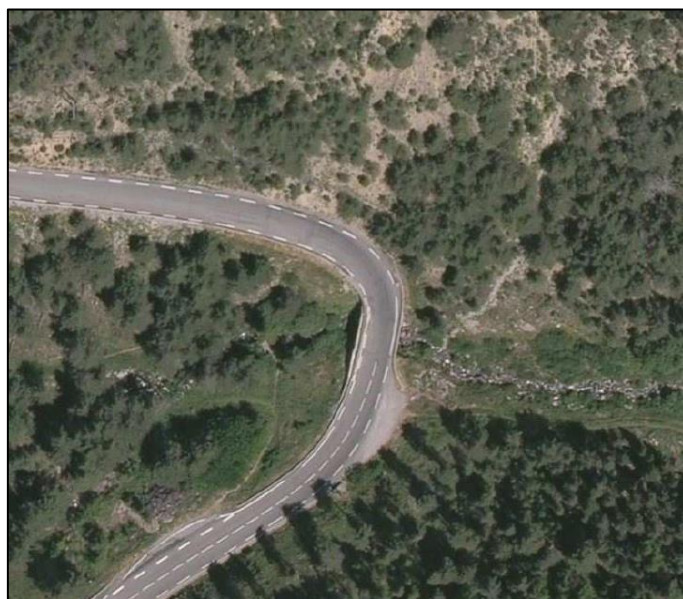




**Commune de Montgenèvre
Département des Hautes Alpes**

PONT DE FONTAINE CRETET



Indice E	Date 08/04/2022	Etape 2a - Solution réparation de l'ouvrage Rapport de réparation
Échelle 1 :1	Format A4	
FAISA		


	<p align="center">Direction interdépartementale des routes méditerranée</p> <p align="center">PONT DE FONTAINE CRETET</p> <p align="center">Etape 2a - Solution réparation de l'ouvrage</p> <p align="center">Rapport de réparation</p>	<p align="center">Avril 2022</p> <p align="center">Indice E – V1</p> <p align="center">CN / LT</p>
---	---	---

Tableau des modifications

Indice	Statut	Date	Intitulé de la modification	Rédacteur	Vérificateur
A	0	17/06/2020	Premier indice	MH	MD
B	0	05/02/2021	Maj. suivant remarques Cerema	MH	MD
C	0	19/05/2021	Maj. suivant remarques Cerema	MD	LT
C	1	09/07/2021	Maj. suivant remarques Cerema	MD	LT
D	0	15/11/2021	Maj. suivant remarques Cerema	CN	LT
D	1	01/12/2021	Maj. suivant remarques Cerema	CN	LT
E	0	08/04/2022	Maj. durée et location du pont provisoire	CN	LT


	<p align="center">Direction interdépartementale des routes méditerranée</p> <p align="center">PONT DE FONTAINE CRETET</p> <p align="center">Etape 2a - Solution réparation de l'ouvrage</p> <p align="center">Rapport de réparation</p>	<p align="center">Avril 2022</p> <p align="center">Indice E – V1</p> <p align="center">CN / LT</p>
---	---	---

Sommaire


TABLEAU DES MODIFICATIONS	2
SOMMAIRE	3
1. INTRODUCTION.....	6
2. PRESENTATION DE L'OUVRAGE.....	7
2.1. Localisation.....	7
2.3. Relevé d'état des lieux par OPSIA	9
2.3.1. Plan topographique.....	9
2.3.2. Cahier des profils.....	9
2.3.3. Cahier de l'ouvrage.....	10
2.3.4. Cahier des coupes.....	10
3. HYPOTHESES ET DONNEES	12
3.1. Documents de référence.....	12
3.2. Archives de l'ouvrage	12
3.3. Règlements de calcul – références et guides techniques	13
3.4. Classe d'exposition du tablier.....	13
3.5. Vie de l'ouvrages	15
3.5.1. Actions de surveillance et diagnostic :	15
3.5.2. Travaux de réparations.....	15
3.6. Investigations sur le béton armé.....	15
3.6.1. Résultats des investigations :	16
3.6.2. Synthèse de la mission de diagnostic.....	16
3.6.3. Origine des pathologies relevées sur le béton.....	16
3.6.4. Caractéristiques du béton.....	17
4. ANALYSE CRITIQUE DE L'AVANT-PROJET ET DU PROJET DE REPARATION AYANT ETE MENES SUR L'OUVRAGE	18
4.1. Préambule	18
4.2. Consistance de la prestation retenue par GINGER CEBTP	18
4.3. Analyse critique de l'avant-projet et du projet de réparation	18
4.3.1. Calculs.....	18
4.3.2. Réparations prévues.....	19
4.3.3. Méthode travaux et phasage	20
5. SOLUTION DE REPARATION DE L'OUVRAGE.....	21
5.1. Préambule	21
5.2. Pathologies	21
5.3. Choix de la solution adaptée.....	21

	<p align="center">Direction interdépartementale des routes méditerranée</p> <p align="center">PONT DE FONTAINE CRETET</p> <p align="center">Etape 2a - Solution réparation de l'ouvrage</p> <p align="center">Rapport de réparation</p>	<p align="center">Avril 2022</p> <p align="center">Indice E – V1</p> <p align="center">CN / LT</p>
---	---	---

5.3.1. Scénario 1 : Réparation traditionnelle.....	21
5.3.2. Scénario 2 : Réparation traditionnelle + protection électrochimique.....	21
5.3.3. Scénario 3 : Réparation traditionnelle + autres méthodes.....	21
5.3.4. Le scénario retenu.....	21
5.4. Présentation du scénario retenu.....	22
5.4.1. Intrados.....	22
5.4.2. Extrados.....	22
5.4.3. Culées.....	23
5.5. La description des travaux.....	23
5.5.1. Remise à neuf de la d'étanchéité.....	23
5.5.2. Elimination des zones dégradées.....	23
5.5.3. Protection des armatures existants.....	24
5.5.4. Remplacement des armatures fortement corrodées et renforcement par des barres en aciers inoxydables.....	24
5.5.5. Réfection des bétons.....	24
5.6. Calcul de l'indice de danger et définition du niveau de retenue.....	24
5.6.1. Calcul de l'indice de danger.....	24
5.6.2. Définition du niveau de retenue.....	25
6. DEFINITION DES MESURES D'EXPLOITATION ET DES MESURES ENVIRONNEMENTALES LIEES A LA REPARATION DE L'OUVRAGE.....	26
6.1. Mesures d'exploitation.....	26
6.2. Enjeux environnementaux et contraintes réglementaires.....	27
6.2.1. Enjeux environnementaux.....	27
6.2.2. Contraintes réglementaires.....	37
7. PHASAGE, DELAI ET COUT DES TRAVAUX.....	41
7.1. Phasage des travaux.....	41
7.1.1. Solution de réparation avec circulation déviée sur pont provisoire.....	41
7.1.2. Solution de réparation alternat de circulation.....	44
7.2. Détermination du coût et de la durée des réparations.....	46
7.2.1. Durée des travaux de réparation.....	46
7.2.2. Durée des travaux de réparation.....	50
8. DELAIS D'INSTRUCTION RELATIFS AUX PROCEDURES ENVIRONNEMENTALES.....	51
8.1. Etude d'impact (évaluation environnementale) et concertation publique.....	51
8.1.1. Délai relatif à l'examen au cas par cas.....	51
8.1.2. Délai relatif à l'évaluation environnementale.....	51
8.1.3. Délai relatif à la concertation publique au titre du Code de l'environnement.....	51
8.2. Procédure Loi sur l'eau.....	51
8.3. Dérogation aux mesures de protection de la faune et de la flore sauvage et de leurs habitats.....	51
8.4. Déclaration d'utilité publique.....	51
9. ANNEXE 1 - JUSTIFICATION DES RENFORTS.....	52

	<p align="center">Direction interdépartementale des routes méditerranée</p> <p align="center">PONT DE FONTAINE CRETET</p> <p align="center">Etape 2a - Solution réparation de l'ouvrage</p> <p align="center">Rapport de réparation</p>	<p align="center">Avril 2022</p> <p align="center">Indice E – V1</p> <p align="center">CN / LT</p>
---	---	---

9.1. Hypothèses de calcul.....	52
9.1.1. Matériaux.....	52
9.1.2. Charges appliquées à l'ouvrage	56
9.1.3. Combinaisons d'actions.....	57
9.2. Résultats ROBOT	58
9.2.1. Modèle de calcul.....	58
9.2.2. ELS.....	59
9.2.3. ELU.....	60
9.3. Ferrailage	62
9.3.1. Calcul du ferrailage des poutres	62
9.3.2. Calcul du ferrailage de la voûte	64
9.3.3. Calcul du ferrailage de la dalle.....	65
10. ANNEXE 2 - COMPARAISON DU CONVOI C2 AVEC LM1 DE L'EC1	66

	Direction interdépartementale des routes méditerranée PONT DE FONTAINE CRETET Etape 2a : Solution réparation de l'ouvrage - Rapport de réparation	Juillet 2021 Indice C – V1 MD / LT
---	---	---

1. INTRODUCTION

Le pont de Fontaine Crétet est un pont atypique à poutres sous chaussée non entretoisées en béton armé, d'une seule travée. La portée de cette travée est de 10m, et la largeur utile de l'ouvrage de 9m dont 7m roulant. Le tablier repose sur des culées en béton armé, dont les murs en retour sont construits en maçonnerie.

L'ouvrage a fait l'objet en 2015 et 2016 d'un avant-projet et d'un projet de réparation (GINGER CEBTP) qui ont conclu à une réparation structurelle d'une part et un traitement électrochimique d'autre part, pour assurer la durabilité de l'ouvrage. Ce traitement électrochimique n'a toutefois pas été retenu par le maître d'ouvrage.

Les objectifs visés au travers de cette étape 2a sont les suivants :

- Analyse critique de l'avant-projet et du projet de réparation ayant été menés sur l'ouvrage ;
- Établissement de propositions de réparation ;
- Définition des mesures d'exploitation et des mesures environnementales liées à la réparation de l'ouvrage ;
- Détermination du coût de réparation et des principes de phasage travaux.

2. PRESENTATION DE L'OUVRAGE

2.1. Localisation

Le pont de Fontaine Crétet se situe dans la commune de Montgenèvre. Il porte la RN 94 et franchit la Durance.



Vue 3D du pont de Fontaine Crétet



Vue 3D du pont de Fontaine Crétet

2.2. Description de l'ouvrage

L'ouvrage est un pont à poutres sous chaussée non entretoisées en béton armé, d'une seule travée de 10 m. La largeur utile de l'ouvrage est de 10.14 m dont 7m roulant.

Le tablier repose sur des culées en béton armé, dont les murs en retour sont construits en maçonnerie.

L'ouvrage a fait l'objet, à une date indéterminée, d'une réparation des poutres et du hourdis par béton projeté sur un treillis métallique "Nerlat" ancré à la structure.

Le mur en retour aval rive gauche a fait l'objet en 2014 d'un renforcement par clouage et béton projeté suite à la désorganisation de la maçonnerie et un début de basculement, il semble stabilisé.

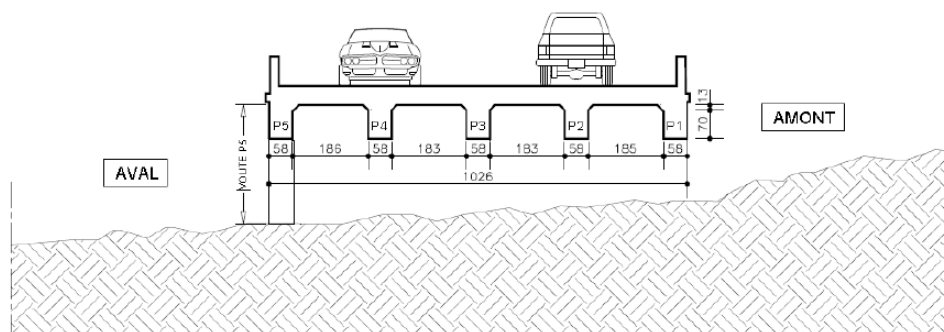
L'ouvrage ne possède a priori pas d'appareil d'appui, les poutres semblent former une construction monolithique avec les appuis.

L'épaisseur de l'enrobé sur l'ouvrage existant est a priori inconnu.

Également, aucune information sur l'étanchéité existante (type d'étanchéité, épaisseur) n'est disponible.

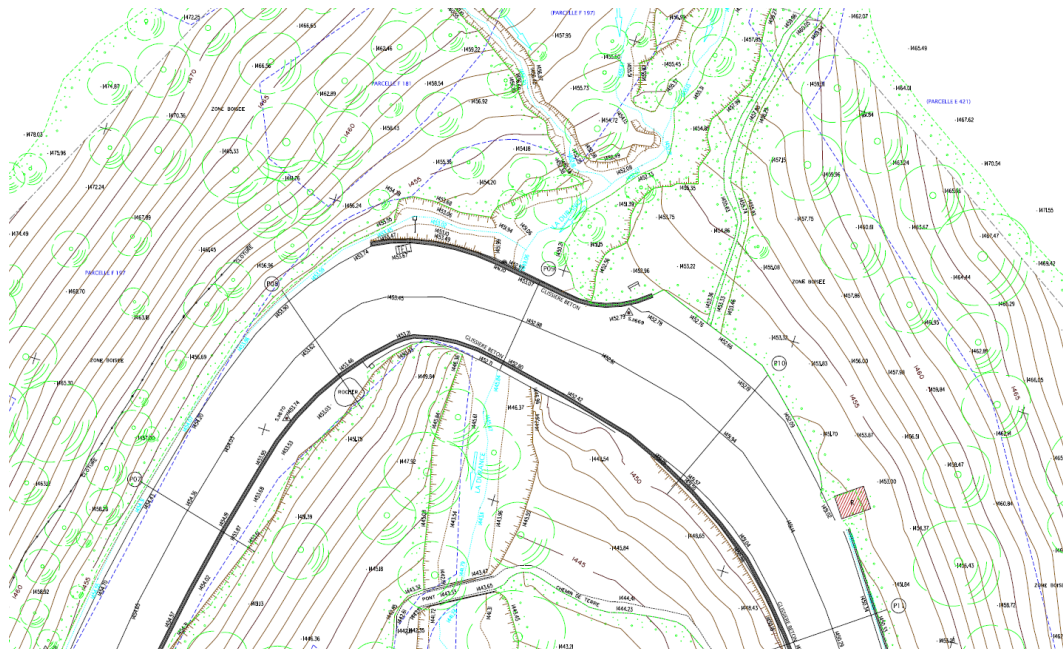
Le profil en travers sur ouvrage est en pente unique et la voirie est constituée du l'est à l'ouest :

- ✚ D'un parapet béton ;
- ✚ D'une bande d'arrêt d'urgence de 1.0 m de largeur ;
- ✚ D'une chaussée à 2 voies de 2 x 7 m de large ;
- ✚ D'une bande d'arrêt d'urgence de 1.0 m de largeur ;
- ✚ D'un parapet béton.



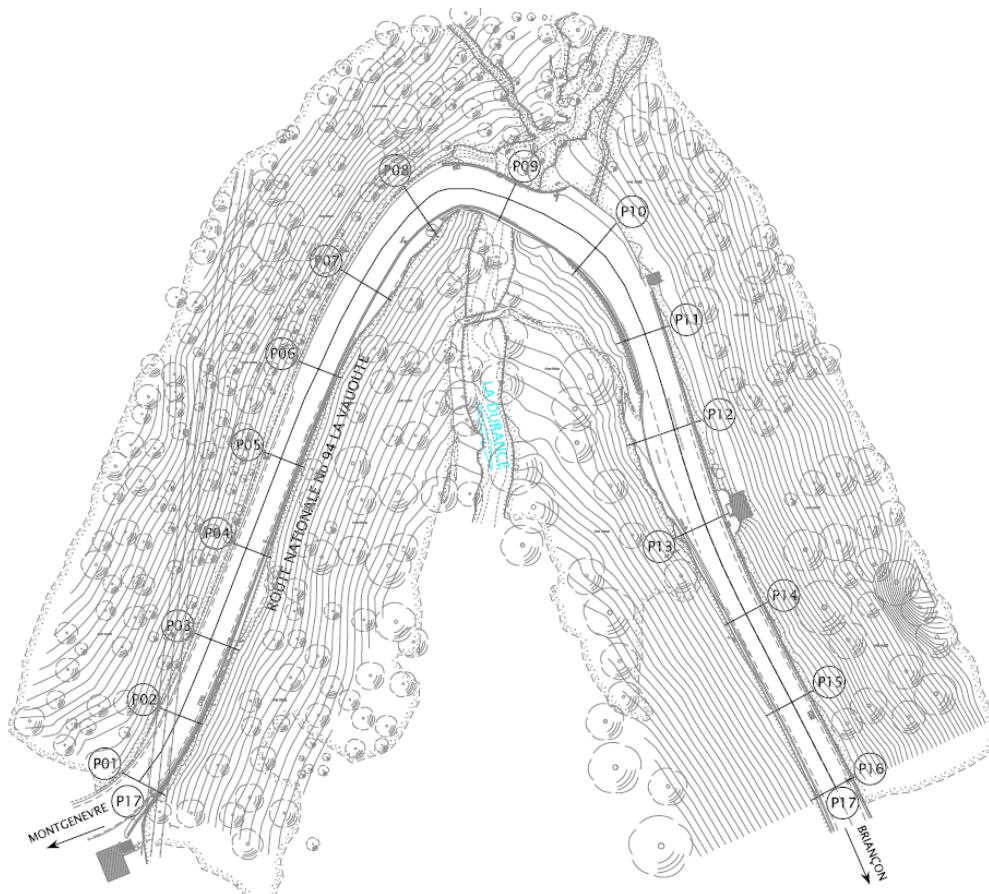
2.3. Relevé d'état des lieux par OPSIA

2.3.1. Plan topographique



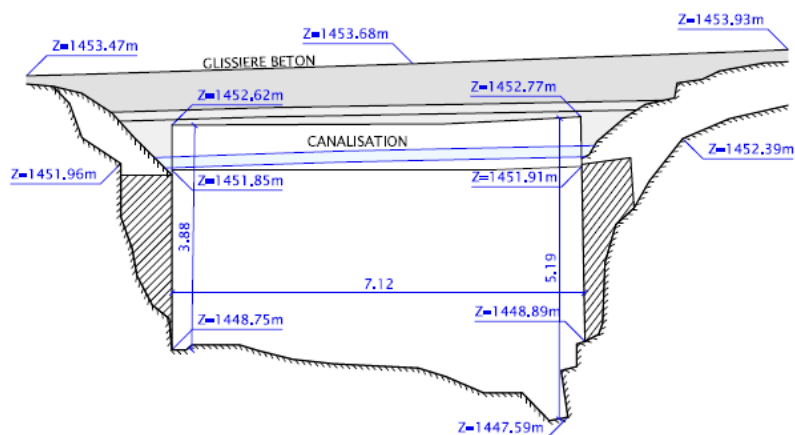
2.3.2. Cahier des profils

Il s'agit de 16 profils transversaux (P1 à P16) en amont et aval de l'ouvrage ainsi que d'un profil longitudinal (P17).

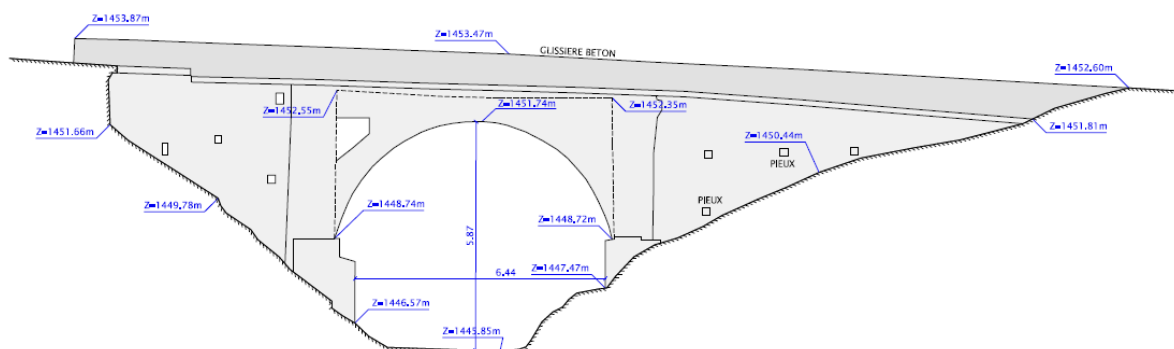


2.3.3. Cahier de l'ouvrage

2.3.3.1. Vue amont

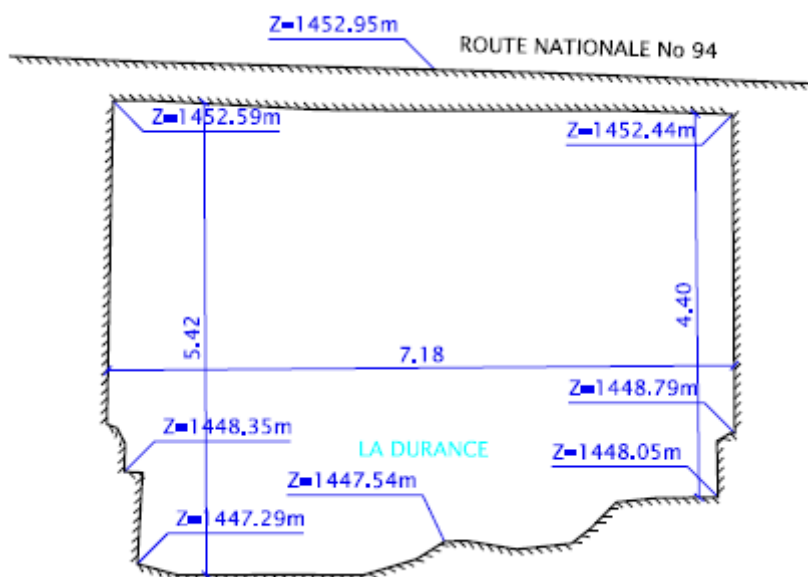


2.3.3.2. Vue aval

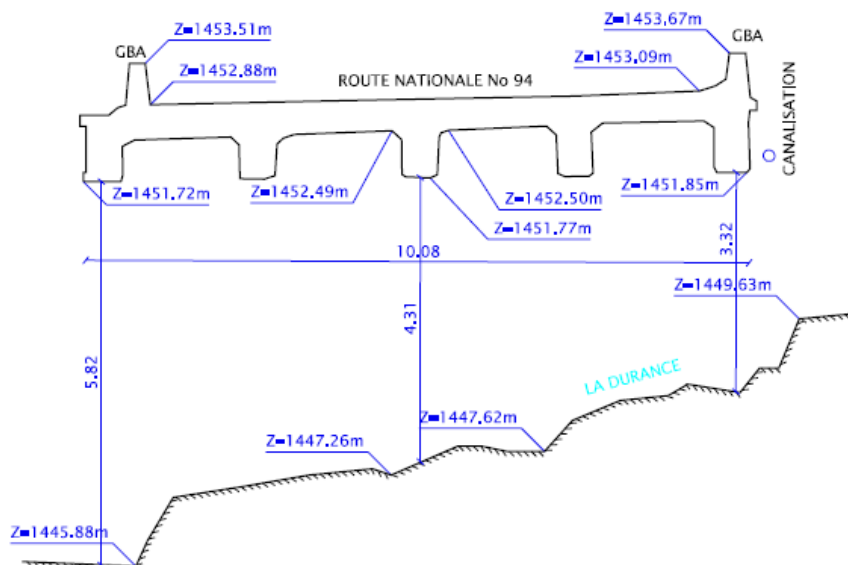



2.3.4. Cahier des coupes

2.3.4.1. Coupe longitudinale



2.3.4.2. Coupe transversale



	Direction interdépartementale des routes méditerranée PONT DE FONTAINE CRETET Etape 2a : Solution réparation de l'ouvrage - Rapport de réparation	Juillet 2021 Indice C – V1 MD / LT
---	---	---


3. HYPOTHESES ET DONNEES

3.1. Documents de référence

- ✚ BORDEREAU 0 (Pièces relatives à la consultation)
 - Avis d'Appel à la Concurrence (AAC)
 - Règlement de la Consultation (RC)
- ✚ BORDEREAU 1 (Pièces écrites contractuelles)
 - Acte d'Engagement (AE)
 - Cahier des Clauses Particulières (CCP)
 - Décomposition analytique de la rémunération
- ✚ BORDEREAU 2 (Pièces techniques non contractuelles)
 - 2.1 Avant-projet de réparation (2015)
 - 2.2 Projet de réparation (2016)
 - 2.3 Rapport d'investigation sur le béton de l'ouvrage
 - 2.4 Plan de situation
 - 2.5 Coupe transversale de l'ouvrage
 - 2.6 Dossier photographique (2018)
 - 2.7 Fiche de recensement de l'ouvrage
- ✚ DT relatif aux concessionnaires réseaux :
 - Orange
 - ENEDIS
 - FREE
 - DIRMED
- ✚ Données topographiques et levé d'ouvrage
 - Plan topographique
 - Cahier des profils
 - Cahier de l'ouvrage
 - Cahier des coupes
- ✚ Autre
 - L'avis du contrôle extérieur (CEREMA) sur le rapport AVP et le rapport investigations sur le béton de l'ouvrage ;
 - Les modifications demandées à Ginger, entre l'AVP et le PRO, relatives aux aciers ajoutés et aux justifications.

3.2. Archives de l'ouvrage

A ce jour aucune donnée du dossier d'ouvrage n'est disponible.

	Direction interdépartementale des routes méditerranée PONT DE FONTAINE CRETET Etape 2a : Solution réparation de l'ouvrage - Rapport de réparation	Juillet 2021 Indice C – V1 MD / LT
---	---	---


3.3. Règlements de calcul – références et guides techniques

De manière générale, les justifications relatives aux études de conception sont issues des textes énumérés suivants :

- + Les normes NF EN 1990 et NF EN 1990/A1 et leurs annexes nationales, les normes NF EN 1990/NA et NF EN 1990/A1/NA ;
- + Les normes NF EN 1991-1-1 et NF EN 1991-1-3 à NF EN 1991-1-7 ainsi que leurs annexes nationales, les normes NF EN 1991-1-1/NA et NF EN 1991-1-3/NA à NF EN 1991-1-7/NA ;
- + La norme NF EN 1991-2 et son annexe nationale, la norme NF EN 1991-2/NA ;
- + Les normes NF EN 1992-1-1 et NF EN 1992-2 et leurs annexes nationales, les normes NF EN 1992-1-1/NA et NF EN 1992-2/NA ;
- + La norme NF EN 1997-1 et son annexe nationale, la norme NF EN 1997-1/NA, ainsi que les normes d'application nationales NF P 94-261, NF P 94-262, NF P 94-270, NF P 94-282 et, en l'absence des autres normes d'application, le fascicule 62 titre V du CCTG ;
- + Les normes NF EN 1998-1, NF EN 1998-2, NF EN 1998-5 et leurs annexes nationales, les normes NF EN 1998-1/NA, NF EN 1998-2/NA, NF EN 1998-5/NA ;
- + Recommandations pour l'Eurocode 8 « Calculs des structures pour leur résistance aux séismes » - Février 2010
- + Décret n°2010-1254 du 22 octobre 2010 relatif à la prévention du risque sismique ;
- + Décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français ;
- + Arrêté du 26 octobre 2011 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux ponts de la catégorie dites "à risque normal" ;
- + Fascicule n°68 du CCTG : "Exécution des travaux de fondation des ouvrages de génie civil" ;
- + Les guides techniques de conception édités par le Sétra ;
- + Note d'information n°30 – Calcul des ponts aux Eurocodes « Utilisation du fascicule 62 titre V du CCTG » - Janvier 2008 - Note d'information n°32 ;
- + Le circulaire n° R/EG3 du 20 juillet 1983 : « Transports exceptionnels, définition des convois types et règles pour la vérification des ouvrages d'art » publiée par la Direction des Routes ;
- + Guide « Réhabilitation du béton armé dégradé par la corrosion » du AFGC ;
- + Les guides STRRES ;
- + La norme NF A 35-014 « Aciers pour béton armé – Aciers inoxydables soudables – Barres et couronnes » ;
- + Guide « Béton armé d'inox » du centre d'information sur le ciment et ses applications CIMbéton.

3.4. Classe d'exposition du tablier

Les conditions d'exposition sont les conditions physiques et chimiques auxquelles la structure est exposée, en plus des actions mécaniques. Les conditions d'environnement sont classées conformément au Tableau 4.1, basé sur l'EN 206-1.


	Direction interdépartementale des routes méditerranée PONT DE FONTAINE CRETET Etape 2a : Solution réparation de l'ouvrage - Rapport de réparation	Juillet 2021 Indice C – V1 MD / LT
---	---	---

Désignation de la classe	Description de l'environnement :	Exemples informatifs illustrant le choix des classes d'exposition
1 Aucun risque de corrosion ni d'attaque		
X0	Béton non armé et sans pièces métalliques noyées : toutes expositions sauf en cas de gel/dégel, d'abrasion et d'attaque chimique Béton armé ou avec des pièces métalliques noyées : très sec	Béton à l'intérieur de bâtiments où le taux d'humidité de l'air ambiant est très faible Béton submergé en permanence dans de l'eau
2 Corrosion induite par carbonatation		
XC1	Sec ou humide en permanence	Béton à l'intérieur de bâtiments où le taux d'humidité de l'air ambiant est faible Béton submergé en permanence dans de l'eau
XC2	Humide, rarement sec	Surfaces de béton soumises au contact à long terme de l'eau Un grand nombre de fondations
XC3	Humidité modérée	Béton à l'intérieur de bâtiments où le taux d'humidité de l'air ambiant est moyen ou élevé Béton extérieur abrité de la pluie
XC4	Alternativement humide et sec	Surfaces de béton soumises au contact de l'eau, mais n'entrant pas dans la classe d'exposition XC2
3 Corrosion induite par les chlorures		
XD1	Humidité modérée	Surfaces de béton exposées à des chlorures transportés par voie aérienne
XD2	Humide, rarement sec	Piscines Éléments en béton exposés à des eaux industrielles contenant des chlorures
XD3	Alternativement humide et sec	Éléments de ponts exposés à des projections contenant des chlorures Chaussées Dalles de parcs de stationnement de véhicules
4 Corrosion induite par les chlorures présents dans l'eau de mer		
XS1	Exposé à l'air véhiculant du sel marin mais pas en contact direct avec l'eau de mer	Structures sur ou à proximité d'une côte
XS2	Immergé en permanence	Éléments de structures marines
XS3	Zones de marnage, zones soumises à des projections ou à des embruns	Éléments de structures marines
5 Attaque gel/dégel		
XF1	Saturation modérée en eau, sans agent de déverglaçage	Surfaces verticales de béton exposées à la pluie et au gel
XF2	Saturation modérée en eau, avec agents de déverglaçage	Surfaces verticales de béton des ouvrages routiers exposés au gel et à l'air véhiculant des agents de déverglaçage
XF3	Forte saturation en eau, sans agents de déverglaçage	Surfaces horizontales de béton exposées à la pluie et au gel
XF4	Forte saturation en eau, avec agents de déverglaçage ou eau de mer	Routes et tabliers de pont exposés aux agents de déverglaçage. Surfaces de béton verticales directement exposées aux projections d'agents de déverglaçage et au gel. Zones des structures marines soumises aux projections et exposées au gel
6 Attaques chimiques		
XA1	Environnement à faible agressivité chimique selon l'EN 206-1, Tableau 2	Sols naturels et eau dans le sol
XA2	Environnement d'agressivité chimique modérée selon l'EN 206-1, Tableau 2	Sols naturels et eau dans le sol
XA3	Environnement à forte agressivité chimique selon l'EN 206-1, Tableau 2	Sols naturels et eau dans le sol

L'annexe nationale à la norme NF EN 206-1 et la carte des zones de gel en France indique, quant à elle, que Montgenèvre est dans la zone de gel sévère. Par conséquent, la classes d'expositions en fonction de l'intensité du gel et de la fréquence de salage est de classe XF4.

Les classes d'exposition des différents parements de l'ouvrage sont :

Extrados du tablier protégé par l'étanchéité : XC3, XF3
 Longrines éventuelles de dispositif de retenue : XC4, XD3, XF4
 Intrados du tablier : XC4, XF3
 Surface verticales des culées et murs en retour : XC4, XF3

	Direction interdépartementale des routes méditerranée PONT DE FONTAINE CRETET Etape 2a : Solution réparation de l'ouvrage - Rapport de réparation	Juillet 2021 Indice C – V1 MD / LT
---	---	---

3.5. Vie de l'ouvrages

3.5.1. Actions de surveillance et diagnostic :

- ✚ 2013 : IQOA note 3U,
- ✚ 2015 : investigations sur l'état des bétons de l'OA (GINGER CEBTP Nice),
- ✚ 2015-2016 : l'ouvrage a fait l'objet en 2015 et 2016 d'un avant-projet et d'un projet de réparation (GINGER CEBTP) qui ont conclu à une réparation structurelle d'une part et un traitement électrochimique d'autre part pour assurer la durabilité de l'ouvrage. Ce traitement électrochimique n'a toutefois pas été retenu par le maître d'ouvrage.

3.5.2. Travaux de réparations

- ✚ 2014 : réparation du mur en retour culée rive gauche par clouage et béton projeté.
- ✚ Travaux récents : réparation par béton projeté des éléments de la structure du tablier (sauf la poutre d'extrémité côte amont).
Nota : les travaux de réparation des poutres par béton projeté ont été réalisés à la suite des conclusions des investigations de type béton armé réalisées par GINGER (voir §5.2 ci-après).
- ✚ Travaux récents : travaux de remplacement du revêtement de chaussée.
Nota : il convient de préciser que les travaux réalisés sur le revêtement de la chaussée sur l'ouvrage n'ont pas concernés l'étanchéité sous le revêtement de chaussée.

3.6. Investigations sur le béton armé


Les données ci-après sont issues du rapport des investigations sur site réalisées durant le mois d'Août 2014 par GINGER CEBTP.

La mission sur site comprend les prestations suivantes :

- ✚ Examen visuel des désordres et relevés : Positionnement des zones comportant des altérations de types éclats béton, aciers corrodés, fissures ;
- ✚ Positionnement des zones d'études, en fonction de l'examen visuel ;
- ✚ Caractérisation partielle des armatures des façades, à l'aide d'appareils de détection (type radar Haute Fréquence et Ferroskan) ;
- ✚ Détermination de l'activité corrosive des armatures de la poutre de rive aval, à l'aide d'un appareil type GALVAPULSE ;
- ✚ Prélèvements d'échantillons d'enduit et de béton, par carottage pour analyse en laboratoire ;
- ✚ Détermination du front de carbonatation in-situ, réalisé au niveau des mini-sondages pour vérifier l'épaisseur de béton atteinte par la pénétration du CO₂ ;
- ✚ Prélèvement de poudres de béton à plusieurs profondeurs, afin de vérifier en laboratoire la teneur en agents pathogènes (ions chlorures pouvant être issus des sels de déverglaçage).

Les prélèvements sur site ont fait l'objet d'analyses en laboratoire :

- ✚ Détermination de la résistance en compression du béton ;
- ✚ Détermination de la teneur en chlorures libres au niveau des poudres de béton ;
- ✚ Détermination du dosage en ciment du béton ;
- ✚ Détermination de la masse volumique et de la porosité.

	Direction interdépartementale des routes méditerranée PONT DE FONTAINE CRETET Etape 2a : Solution réparation de l'ouvrage - Rapport de réparation	Juillet 2021 Indice C – V1 MD / LT
---	---	---

3.6.1. Résultats des investigations :

Les résultats de ces investigations sont présentés ci-après :

- ✚ L'ouvrage est ponctuellement affecté de désordres d'origine mécanique,
- ✚ Les armatures, dont les enrobages sont faibles, baignent dans un béton de basicité inférieure à $\text{pH} = 8,5$. Elles se situent dans un état de dépassement. Ces enrobages varient de 0 à 4 cm en fonction des zones pour un front de carbonatation compris entre 3 et 5 cm.
- ✚ La teneur en chlorure du béton est très supérieure à la valeur limite au niveau du parement, mais s'atténue au cœur du béton. La teneur maximale mesurée est de 1.6 % par rapport au taux de ciment, et de l'ordre de 0.4 % à 4 cm d'enrobage.
- ✚ L'activité corrosive est très forte sur la face latérale extérieure de la poutre aval. Cependant, les mesures de « courant de corrosion » peuvent être interprétées comme modérées à rapide.
- ✚ Le béton de l'ouvrage a une porosité de l'ordre de 20% et une classe de résistance en compression évaluée à C25/30.
- ✚ La sous-face de l'ouvrage poutres et tablier est recouverte d'une projection de béton sur une nappe de « Nerlat », à ce jour en cours de corrosion et décollé de son support.
- ✚ La mesure de l'activité corrosive réalisée sur la face latérale de l'arc frontal montre une corrosion active et évolutif.
- ✚ La porosité peut atteindre les 30% localement sur l'arc frontal.

3.6.2. Synthèse de la mission de diagnostic

A ce jour, l'ouvrage est soumis à des conditions climatiques extrêmes :

- ✚ Gel/dégel,
- ✚ Sels de déverglaçage,
- ✚ Sollicitations mécaniques importantes.

Une problématique d'ordre mécanique a été relevé au niveau de la poutre de rive amont, se manifestant par la présence d'une fissure à 45° de chaque côté. Ce phénomène est lié à un déficit d'armatures transversales à proximité des appuis.

D'un point de vue de la durabilité les altérations sont liées à une pathologie de corrosion des armatures, couplée à des phénomènes de gel et dégel.

L'origine de la corrosion des armatures est liée aux zones de faible enrobage où le béton est carbonaté et chloré. Cette combinaison d'agents pathogènes crée des conditions de corrosion pouvant être quantifiées d'évolutives avec une vitesse modérée à rapide. De plus cette propagation est accentuée par les effets du gel et du dégel.


A terme, les armatures les plus proches du parement vont continuer à se dissoudre pour arriver à une section insuffisante vis-à-vis de la stabilité mécanique de l'ouvrage.

Ponctuellement l'ouvrage présente des défauts (manque de béton, zones détruites) qu'il conviendra de reprendre.

3.6.3. Origine des pathologies relevées sur le béton

D'après le rapport, les pathologies relevées sur le béton ont plusieurs origines :

- ✚ La présence d'agents polluants (chlorures) dans le béton, liée aux sels de déverglaçage ;
- ✚ Des infiltrations à travers la dalle en béton ;
- ✚ Une porosité importante du béton, caractérisant une faible durabilité. L'ouvrage situé à une altitude de 1450 m, est soumis aux effets du gel - dégel.

	Direction interdépartementale des routes méditerranée PONT DE FONTAINE CRETET Etape 2a : Solution réparation de l'ouvrage - Rapport de réparation	Juillet 2021 Indice C – V1 MD / LT
---	---	---

3.6.4. Caractéristiques du béton

Classes de résistance du béton															Expression analytique Commentaires
f_{ck} (MPa)	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	
$f_{ck,cube}$ (MPa)	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105	
f_{cm} (MPa)	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	98	$f_{cm} = f_{ck} + 8$ (MPa)
f_{ctm} (MPa)	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	$f_{ctm} = 0,30 \times f_{ck}^{(2/3)} < C50/60$ $f_{ctm} = 2,12 \cdot \ln(1 + (f_{cm}/10)) > C50/60$
$f_{ctk,0.05}$ (MPa)	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5	$f_{ctk,0.05} = 0,7 \times f_{ctm}$ fractile 5 %
$f_{ctk,0.95}$ (MPa)	2,0	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2	4,6	4,9	5,3	5,5	5,7	6,0	6,3	6,6	$f_{ctk,0.95} = 1,3 \times f_{ctm}$ fractile 95 %
E_{cm} (GPa)	27	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	41	42	44	$E_{cm} = 22[(f_{cm})/10]^{0.3}$ (f_{cm} en MPa)
ε_{c1} (‰)	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,25	2,3	2,4	2,45	2,5	2,6	2,7	2,8	2,8	Voir figure 3.2 $\varepsilon_{c1}(\text{‰}) = 0,7 f_{cm}^{0.31} < 2,8$
ε_{cu1} (‰)	3,5									3,2	3,0	2,8	2,8	2,8	Voir figure 3.2 pour $f_{ck} \geq 50$ MPa $\varepsilon_{cu1}(\text{‰}) = 2,8 + 27[(98 - f_{cm})/100]^4$
ε_{c2} (‰)	2,0									2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	Voir Figure 3.3 pour $f_{ck} \geq 50$ MPa $\varepsilon_{c2}(\text{‰}) = 2,0 + 0,085(f_{ck} - 50)^{0.53}$
ε_{cu2} (‰)	3,5									3,1	2,9	2,7	2,6	2,6	Voir Figure 3.3 pour $f_{ck} \geq 50$ MPa $\varepsilon_{cu2}(\text{‰}) = 2,6 + 35[(90 - f_{ck})/100]^4$
n	2,0									1,75	1,6	1,45	1,4	1,4	pour $f_{ck} \geq 50$ MPa $n = 1,4 + 23,4[(90 - f_{ck})/100]^4$
ε_{c3} (‰)	1,75									1,8	1,9	2,0	2,2	2,3	Voir Figure 3.4 pour $f_{ck} \geq 50$ MPa $\varepsilon_{c3}(\text{‰}) = 1,75 + 0,55[(f_{ck} - 50)/40]$
ε_{cu3} (‰)	3,5									3,1	2,9	2,7	2,6	2,6	Voir Figure 3.4 pour $f_{ck} \geq 50$ MPa $\varepsilon_{cu3}(\text{‰}) = 2,6 + 35[(90 - f_{ck})/100]^4$

4. ANALYSE CRITIQUE DE L'AVANT-PROJET ET DU PROJET DE REPARATION AYANT ETE MENES SUR L'OUVRAGE

4.1. Préambule

L'ouvrage a fait l'objet en 2015 et 2016 d'un avant-projet et d'un projet de réparation (GINGER CEBTP) qui ont conclu à une réparation structurelle d'une part et un traitement électrochimique d'autre part pour assurer la durabilité de l'ouvrage. Ce traitement électrochimique n'a toutefois pas été retenu par le maître d'ouvrage. L'objet du présent chapitre est de critiquer ce traitement.

4.2. Consistance de la prestation retenue par GINGER CEBTP

GINGER a prévu des réparations permettant de stopper l'évolution de la corrosion au niveau du béton armé ainsi que des travaux de remise en état des zones d'enrobage défectueuses des armatures en place, de remplacement des armatures sectionnées, et de renforcement des poutres aux efforts tranchants (cadres).

Des réparations ponctuelles et traditionnelles avec un piquage des aciers, un détourage et une protection des armatures à l'aide d'un produit ne sont pas suffisantes sans reprise de l'étanchéité générale du tablier pour éviter la propagation de la corrosion et peuvent également induire un phénomène de pile induite, pouvant encore accélérer le processus de dégradation.

De façon générale, les types de travaux retenus par le GINGER CEBTP sont les suivants :

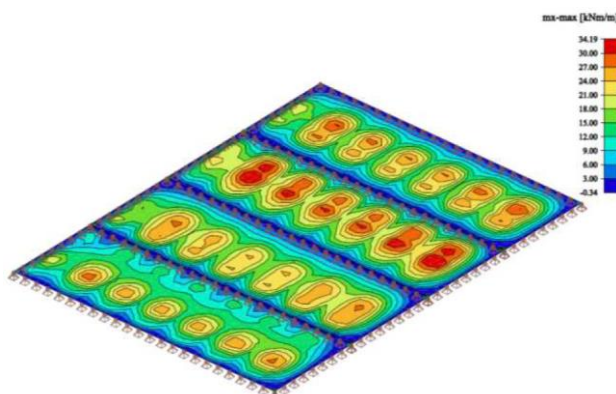
- ✚ Purge de tout le béton non adhérent,
- ✚ Rajout d'armatures longitudinales (si perte de section trop importante) et transversales à proximité des appuis (fissures à 45°),
- ✚ Reprise des zones de béton détruites,
- ✚ Reconstitution des enrobages,
- ✚ Mise en place d'un système de protection électrochimique


Le système de protection électrochimique envisagé permet selon GINGER de garantir la durabilité de l'ouvrage et des réparations vis-à-vis de la corrosion des armatures du béton et de s'affranchir de la reprise de l'étanchéité générale.

4.3. Analyse critique de l'avant-projet et du projet de réparation

4.3.1. Calculs

Les calculs de l'ouvrage n'ont pas amené de remarques majeures. Toutefois, il est rappelé que GINGER a proposé de reconstituer uniquement les aciers passifs inférieurs de la dalle. Or, vu la défaillance de l'étanchéité, les aciers supérieurs sont supposés être en état de dégradation avancé. L'étude n'a pas traité ce point.



	Direction interdépartementale des routes méditerranée PONT DE FONTAINE CRETET Etape 2a : Solution réparation de l'ouvrage - Rapport de réparation	Juillet 2021 Indice C – V1 MD / LT
---	---	---

Aussi, l'hypothèse que Ginger a prise, de supposer la dalle découpée et articulée sur les poutres nous paraît défavorable pour les poutres ainsi que pour le calcul du ferrailage inférieure dans le sens transversal de la dalle mais très favorable pour la dalle dans le sens longitudinal et le sens transversal nappe supérieure.

4.3.2. Réparations prévues

4.3.2.1. Réparations courantes

D'après le retour d'expérience, les méthodes de réparation traditionnelles non bien exécutés peuvent conduire à un éclatement du béton environnant cinq à dix années après la réhabilitation, dû à un effet de pile entre les zones traitées et non traitées.

Selon l'étude de GINGER l'étanchéité de l'ouvrage est à reconstituer, mais il semble que sa mise en œuvre par demi-ouvrage ne soit pas possible à cause des PL. Raisons pour lesquelles la protection cathodique par courant imposé (PCCI) a été proposée.

Cette solution ne nous paraît pas satisfaisante car sans réfection de l'étanchéité, la solution ne serait pas efficace ainsi que l'étude ait négligé l'effet de la présence de l'eau sur le béton et pas seulement le ferrailage. En effet, la classe de résistance du béton de l'ouvrage n'est pas adaptée à ce type d'exposition et doit être protégé. Aussi, la porosité élevée du béton (cf. §3.6) est un facteur préjudiciable vis-à-vis de sa gélivité.

Outre, si l'étanchéité du tablier est reconstituée, la protection cathodique par courant imposé (PCCI) ne nous paraît pas nécessaire.

4.3.2.2. Protection électrochimique




Les réparations électrochimiques par courant imposé ou par courant galvanique se révèlent être des techniques efficaces mais longues à mettre en œuvre et relativement coûteuses.

Plusieurs inconvénients de la PCCI ont été observés selon les retours d'expériences. Nous avons réuni ici les principaux inconvénients de ce type de protection :

- ✚ Suivi et éventuel recalage,
- ✚ Problèmes technologiques à résoudre,
- ✚ Durabilité des équipements,
- ✚ Nécessité plus de maintenance,
- ✚ Coût pour l'alimentation continue,
- ✚ Risque d'interférences par des courants parasites.


Il ne faut pas appliquer une protection cathodique lorsque le béton risque des dégradations par alcali-réaction, principalement lorsque les armatures sont fortement polarisées.

Finalement, dans le cas de l'ouvrage actuel, l'étanchéité du tablier pouvant être défailante ponctuellement, ou défailante pendant la période de fonctionnement du système, la possibilité d'infiltrations d'eau au travers du tablier n'est pas à exclure.

	Direction interdépartementale des routes méditerranée PONT DE FONTAINE CRETET Etape 2a : Solution réparation de l'ouvrage - Rapport de réparation	Juillet 2021 Indice C – V1 MD / LT
---	---	---

4.3.3. Méthode travaux et phasage

Il nous semble que les études de réparation d'AVP et de PRO ont été correctement menées d'un point de vue calculatoire. En revanche, nous constatons que le point principal de ce type d'opération n'a pas été traité à savoir les modalités précises de réalisation de travaux, aussi bien au niveau micro (comment sont mis en place les aciers de renfort par exemple) mais aussi au niveau macro (comment est maintenu l'ouvrage en service pendant les travaux). Or dans ce type d'opération à forte contrainte, ne pas traiter ce sujet est particulièrement dommageable car le coût des travaux et même leur faisabilité en dépendent.

	Direction interdépartementale des routes méditerranée PONT DE FONTAINE CRETET Etape 2a : Solution réparation de l'ouvrage - Rapport de réparation	Juillet 2021 Indice C – V1 MD / LT
---	---	---

5. SOLUTION DE REPARATION DE L'OUVRAGE

5.1. Préambule

Les ouvrages d'art, comme toutes les constructions humaines, se dégradent essentiellement sous l'effet de l'action de l'eau et de l'environnement, ce qui recouvre un très grand nombre de processus : carbonatation des bétons, pénétration d'eau et/ou d'ions chlorures et corrosion des aciers de béton armé, érosion des fondations, végétation non contrôlée, agressions chimiques...

Il s'y ajoute, mais dans une moindre mesure, les effets de l'usage (action du trafic, exploitation des réseaux...).

Enfin des défauts de construction ou des insuffisances de conception peuvent plus ou moins accélérer les processus de vieillissement.

5.2. Pathologies

Les investigations et analyses menés sur l'ouvrage lors des étapes précédentes appellent les commentaires suivants :

- ✚ L'ouvrage est ponctuellement affecté de désordres d'origine mécanique,
- ✚ Les armatures, dont les enrobages sont faibles, baignant dans un béton de basicité inférieure à 8,5 les situant dans un état de dépassivation,
- ✚ La teneur en chlorure du béton est très supérieure à la valeur limite au niveau du parement, mais s'atténue au cœur du béton,
- ✚ L'activité corrosive est très forte sur la face latérale de la poutre 5.

5.3. Choix de la solution adaptée

Dans le présent chapitre nous présentons tous les scénarios de réparation adaptés à notre projet. Ces scénarios viseront d'une part de réparer les désordres, et d'autre part, rendre pérenne les travaux réalisés et prolonger la durée de vie de l'ouvrage.

5.3.1. Scénario 1 : Réparation traditionnelle

Une réparation traditionnelle qui consiste en la restauration du béton endommagé non adhérent, à son renforcement structural et à la restauration de la passivité par utilisation de mortier de réparation. Cette solution reste inefficace dans notre cas (Problème d'étanchéité du tablier, corrosion avancée, carbonatation et teneurs en chlorure supérieur à la limite autorisée).

5.3.2. Scénario 2 : Réparation traditionnelle + protection électrochimique


Ce scénario consiste en une réparation traditionnelle suivi par une protection électrochimique du tablier. Ces réparations électrochimiques de type déchloruration, protection cathodique ou réalcalinisation d'armatures ont fait l'objet de l'étude de GINGER qui a été critiquée ci-avant.

5.3.3. Scénario 3 : Réparation traditionnelle + autres méthodes

Ce scénario consiste en une réparation traditionnelle suivi par une méthode de protection du tablier, telles que l'utilisation d'inhibiteurs de corrosion ou le remplacement des aciers au carbone par des aciers galvanisés ou des aciers inoxydables.

5.3.4. Le scénario retenu

Après la réfection de l'étanchéité, le scénario retenu est celui de la réparation traditionnelle couplée avec le remplacement des aciers les plus exposées par des barres en aciers inoxydables.

	Direction interdépartementale des routes méditerranée PONT DE FONTAINE CRETET Etape 2a : Solution réparation de l'ouvrage - Rapport de réparation	Juillet 2021 Indice C – V1 MD / LT
---	---	---

5.4. Présentation du scénario retenu

Pour réparer les ouvrages présentant des pathologies liées à la corrosion des armatures, il existe déjà des solutions telles que la protection cathodique ou l'application d'inhibiteurs de corrosion sur les parties d'ouvrage endommagées. Les armatures inox constituent également une solution intéressante : elles assurent un traitement simple et efficace des désordres et prolongent la durée de vie des ouvrages anciens.

L'une des propriétés fondamentales des armatures inox, la résistance face aux phénomènes de corrosion, permet de les utiliser et de les mettre en œuvre en réduisant la valeur de l'enrobage du béton. Après réparation, l'ouvrage ne présentera ainsi plus de risque lié au phénomène de corrosion, ce qui le pérennise.

La reconstitution du parement béton rend à l'ouvrage l'intégrité de sa structure, restaure l'apparence et l'aspect esthétique du béton, arrête la propagation des dégradations, évite de nouveaux désordres et ralentit le vieillissement naturel de l'ouvrage.

L'utilisation d'armatures en inox en substitution partielle renchérit le coût d'investissement de seulement quelques pour-cent du fait de l'écart de prix entre les deux matières. Ce surcoût est compensé par une diminution significative des frais d'inspection ainsi que par une diminution des coûts de maintenance et de réparation de l'ouvrage.

L'analyse comparative en coût global doit tenir compte de l'ensemble des coûts directs (de maintenance notamment) et aussi des coûts indirects (perturbations du trafic, pollutions atmosphériques et sonores générées par les travaux, surconsommation de carburants dans les embouteillages, risques accrus d'accident...) pendant la durée de service de l'ouvrage.

Les recommandations de l'Eurocode 2 en matière d'enrobage des bétons de structures sont novatrices. La valeur de l'enrobage peut être optimisée en particulier si l'on utilise des armatures inox. Il est aussi possible d'augmenter la limite de l'ouverture de fissure de 0,3 à 0,4 mm en ELS fréquent si uniquement critère de corrosion considéré.


Les travaux retenus pour la réparation sont ceux présentés ci-après. A noter que, dans le but de réaliser les travaux sur l'extrados en toute sécurité, les réparations sur l'intrados sont réalisées avant celles sur l'extrados.

5.4.1. Intrados





- ✚ Purge du béton projeté, du béton non adhérent et du béton carbonaté,
- ✚ Démontage des Nerlat
- ✚ Traitement des armatures apparentes corrodées
- ✚ Application d'un produit d'accrochage sur le béton
- ✚ Renforcement par des barres en aciers inoxydables
- ✚ Reconstitution de l'enrobage.

5.4.2. Extrados

- ✚ Décapage de la chaussée et de l'étanchéité,
- ✚ Démolition partielle, scellement et mise en place du ferrailage de la longrine,
- ✚ Renforcement de la face supérieure de la dalle,
- ✚ Coffrage et coulage de la longrine et des trottoirs,
- ✚ Réfection de l'étanchéité et de la chaussée,
- ✚ Remise en état des corniches : purge du béton, protection contre le gel et environnement chimique ;
- ✚ Réfection des dispositifs de drainage, évacuation des eaux et des larmiers
- ✚ Mise en œuvre d'un garde-corps

	Direction interdépartementale des routes méditerranéenne PONT DE FONTAINE CRETET Etape 2a : Solution réparation de l'ouvrage - Rapport de réparation	Juillet 2021 Indice C – V1 MD / LT
---	--	---

5.4.3. Culées

-  Purge du béton non adhérent,
-  Remise en état du dispositif de drainage
-  Application d'un produit d'accrochage sur le béton
-  Reconstitution de l'enrobage.

Ces travaux vont nécessiter l'installation d'un ouvrage provisoire. Les détails de cette opération sont présentés dans le chapitre 6.

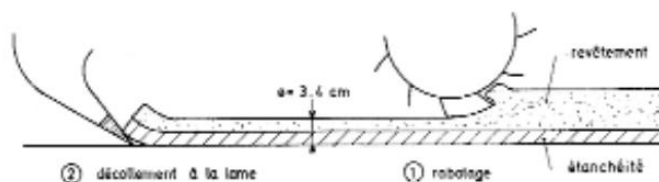
5.5. La description des travaux

La description des travaux indiqué ci-après est extraite du guide « Réhabilitation du béton armé dégradé par la corrosion » du AFGC.

5.5.1. Remise à neuf de la d'étanchéité

La couche de roulement sus-jacente sera reprise sur toute l'épaisseur. Cette couche est constituée d'un revêtement en béton bitumineux mince, mis en œuvre sur la chape d'étanchéité. Celle-ci garantit le bon état du tablier de l'ouvrage.

Pour minimiser les dégradations sur le support en béton, il est fortement conseillé de procéder selon le phasage indiqué sur la figure ci-après :



La chape d'étanchéité et la couche de roulement seront remises après la réalisation des travaux de réparation sur l'extrados du tablier. A l'exception de l'enlèvement des couches et de la remise en état du support, la mise en œuvre d'une nouvelle chape d'étanchéité est exécutée comme sur un ouvrage neuf.


5.5.2. Elimination des zones dégradées

Avant de réparer les zones dégradées (armatures apparentes, éclatements de béton, traces de rouille, béton projeté, Nerlat, etc.), les revêtements en place doivent être retirés, sur toute la surface, par un moyen mécanique ou chimique.

Pour traiter les armatures corrodées, il convient de les dégager par burinage, repiquage ou bouchardage, jet d'eau ou sablage. Le dégarnissage doit être effectué jusqu'à ce qu'un acier sain apparaisse et la longueur de cet acier doit être dégagée sur toute sa périphérie, selon la norme NF P 95.101 (un dégagement d'un minimum de 2 cm derrière l'armature, est conseillé). Lorsque les armatures qui ne sont pas parallèles au parement sont corrodées à leurs extrémités, le béton avoisinant doit être enlevé et ces extrémités doivent être amputées de 2 cm, pour rétablir un enrobage suffisant.

La phase d'élimination de la zone sous corrosion, constitue l'une des tâches les plus délicates à réaliser. La bonne tenue dans le temps des réfections de parement, dépend directement de la qualité d'exécution de ces travaux. Il est donc impératif d'éliminer l'intégralité de cette altération, qu'elle soit foisonnante ou de surface, et ceci sur toute la périphérie de l'acier, par décapage et brossage soigné ou par des moyens mécaniques (sablage, hydro sablage, etc.).

Cette opération doit être plus particulièrement soignée en milieu marin, car la rouille y est chargée de chlorures acides. Les surfaces de bétons sont ensuite nettoyées, afin de faire disparaître toute poussière ou toute souillure, subsistant après l'élimination des bétons dégradés. Ce nettoyage peut être réalisé par voie humide ou sèche

	Direction interdépartementale des routes méditerranée PONT DE FONTAINE CRETET Etape 2a : Solution réparation de l'ouvrage - Rapport de réparation	Juillet 2021 Indice C – V1 MD / LT
---	---	---

(brossage et soufflage), mais dans le cas du lavage à l'eau, celle-ci doit être éliminée par soufflage ou par aspiration.

5.5.3. Protection des armatures existants

La protection des armatures consiste à appliquer sur toute la surface de celles qui sont dégagées (périphérie complète), un produit assurant une protection vis-à-vis de la corrosion.

Cette application doit suivre immédiatement le décapage, car l'oxydation des armatures risque de s'amorcer et de compromettre la bonne tenue de la réparation.

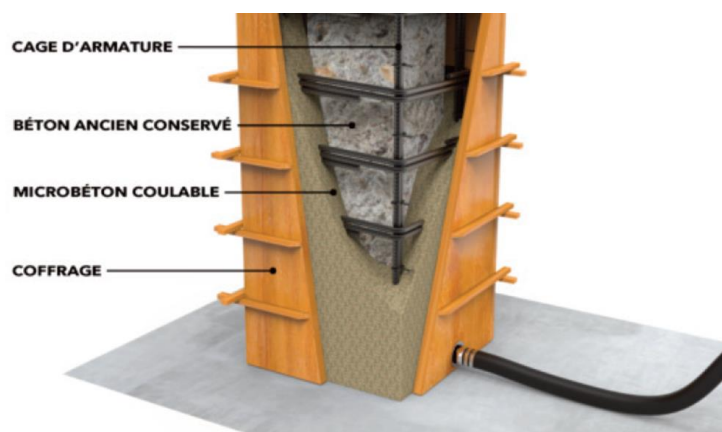
5.5.4. Remplacement des armatures fortement corrodées et renforcement par des barres en aciers inoxydables

A cette étape des travaux, un contrôle du diamètre résiduel des armatures les plus fortement attaquées sera effectué (à l'aide d'un pied à coulisse par exemple).

Les armatures supplémentaires en aciers inoxydables seront mises en place, par scellement, en tenant compte des longueurs d'ancrage et de recouvrement, et des armatures de couture.

5.5.5. Réfection des bétons

La réfection des bétons consiste à rétablir l'enrobage des armatures par la mise en œuvre du béton de classe de résistance adaptée à l'environnement de l'ouvrage.



La technique d'injection dans des coffrages étanches est bien adaptée pour la mise en œuvre d'un béton en sous-face de la structure.

Une attention particulière devra être apportée au fait que l'enlèvement du béton dégradé ou pollué risque d'affaiblir ou de déséquilibrer la structure. Le recours à un étaieement peut s'avérer nécessaire.

5.6. Calcul de l'indice de danger et définition du niveau de retenue

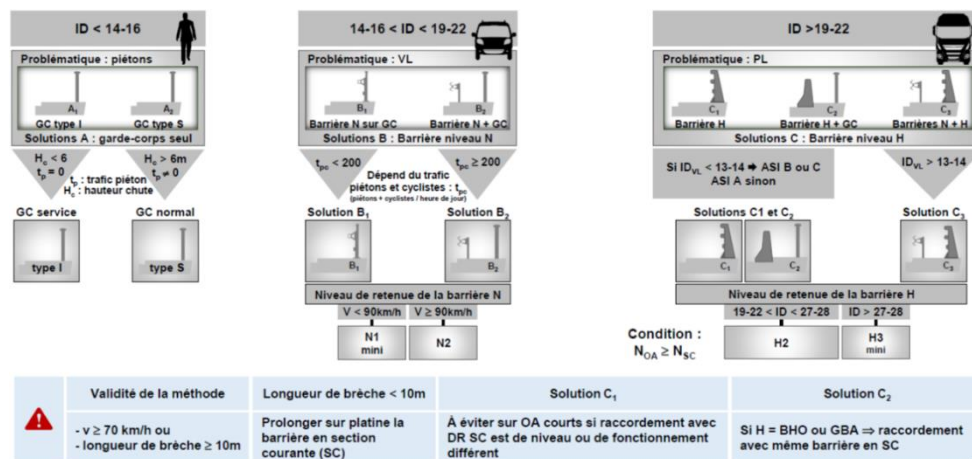
5.6.1. Calcul de l'indice de danger

Le calcul de l'indice de danger est présenté dans le tableau ci-après sur la base des hypothèses indiquées dans la colonne « commentaires » du même tableau.

11	Trafic arroundi	v/j	10	30	50	100	150	300	500	800	1500	3000	5000	8000	15000	30000	Commentaires
	Volume		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	6337 v/j pour 2 sens. On a donc 3168 v/j par sens
1	Trafic Poids lourd	Voies à grande circulation et AR															Normal
		Faible	0														
		Normal	1 (cf. texte)														
		Élevé	3														
1	Niveau de service	Voies peu importantes :															Il s'agit d'une RN
		Autres voies											0				
		Chemin ruraux, forestiers, voies communales						-1									1
4	Tracé	R infini															Il s'agit d'une route de catégorie R60. On a donc :
		1.5 Rnd															Rm = 120 m et Rnd = 600 m
		Rnd															Par ailleurs, on a : R = 20 m << Rm
		Rm															
		Normal non déversé															
		minima															
1	Pente	Pente inférieure à 4 % sur 300 m															Pente d'environ : 5 %
		Pente supérieure à 4 % sur 300 m															
		Par tranche de 3 % supplémentaire															
0	Courbure	Distance de visibilité supérieure à celle requise pour la vitesse de référence de l'itinéraire															Pas de problème de visibilité
		Inférieure															
0	Points de conflits	Non															Il n'y a pas de points de conflits au droit de l'OA
		Oui (sauf carrefour giratoire)															
2	Longueur de brèche	L _b < 10 m															La longueur de la brèche est entre 10 m et 30 m
		Voir texte															
0	Trafic piétons cycles	t _{pc} < 200 / h															Sans objet
		t _{pc} ≥ 200 / h															
1	Hauteur de chute	h < 4 m															4 < h < 8 m
		4 < h < 8 m															
		8 < h < 10 m															
		h > 10 m															
0	Profondeur de l'eau	P < 2 m															Inférieure à 2 m
		P > 2 m															
0	Voies franchies	T < 1000 v/j															L'ouvrage franchit un cours d'eau
		1000 < T < 10000 v/j															
		T > 10000 v/j															
0	Voies ferrés																PA PB PC PD
0	Présence humaine	Densité < 10 habitants / hectare															Pas de présence humaine
		10 < D < 1000															
		D > 1000															
		cf. texte															

5.6.2. Définition du niveau de retenue

➤ Correspondance entre indice de danger et niveau de retenue



➤ Niveau de retenue pour l'ouvrage côté Amont

Sur la base du calcul réalisé dans le tableau ci-avant et selon la correspondance entre la valeur numérique de l'indice de danger (ID) et le niveau de retenue requis, le niveau de retenue pour l'ouvrage existant réparé est le niveau H2 car on a ID = 21 :

ID = Σ (ID1 + max{ID2 ; ID3})		
21	Objectif principal :	PL
H2		

6. DEFINITION DES MESURES D'EXPLOITATION ET DES MESURES ENVIRONNEMENTALES LIEES A LA REPARATION DE L'OUVRAGE

6.1. Mesures d'exploitation

Un ouvrage provisoire sera mis en place afin de permettre la fermeture de l'ouvrage lors des travaux de réparation.

Le Centre national des Ponts de Secours propose plusieurs solutions qui pourront être adaptées à notre situation :

- ✚ Ponts à poutres - Viaduc Métallique Démontable
- ✚ Ponts à treillis
 - Le pont Bailey
 - Le pont Compact
 - L'Universal

La solution qui s'adapte le mieux à notre projet est celle d'un pont à poutres VMD. Le VMD est un tablier métallique à poutres sous chaussée caractérisé par une structure de type bipoutres métalliques et une dalle de roulement de type orthotrope.

Le CNPS possède des éléments droits de cinq longueurs : 9.80m - 12.80m - 18.80m - 24.80m - 30.80m, pour une largeur de voie unitaire de 3.50m.

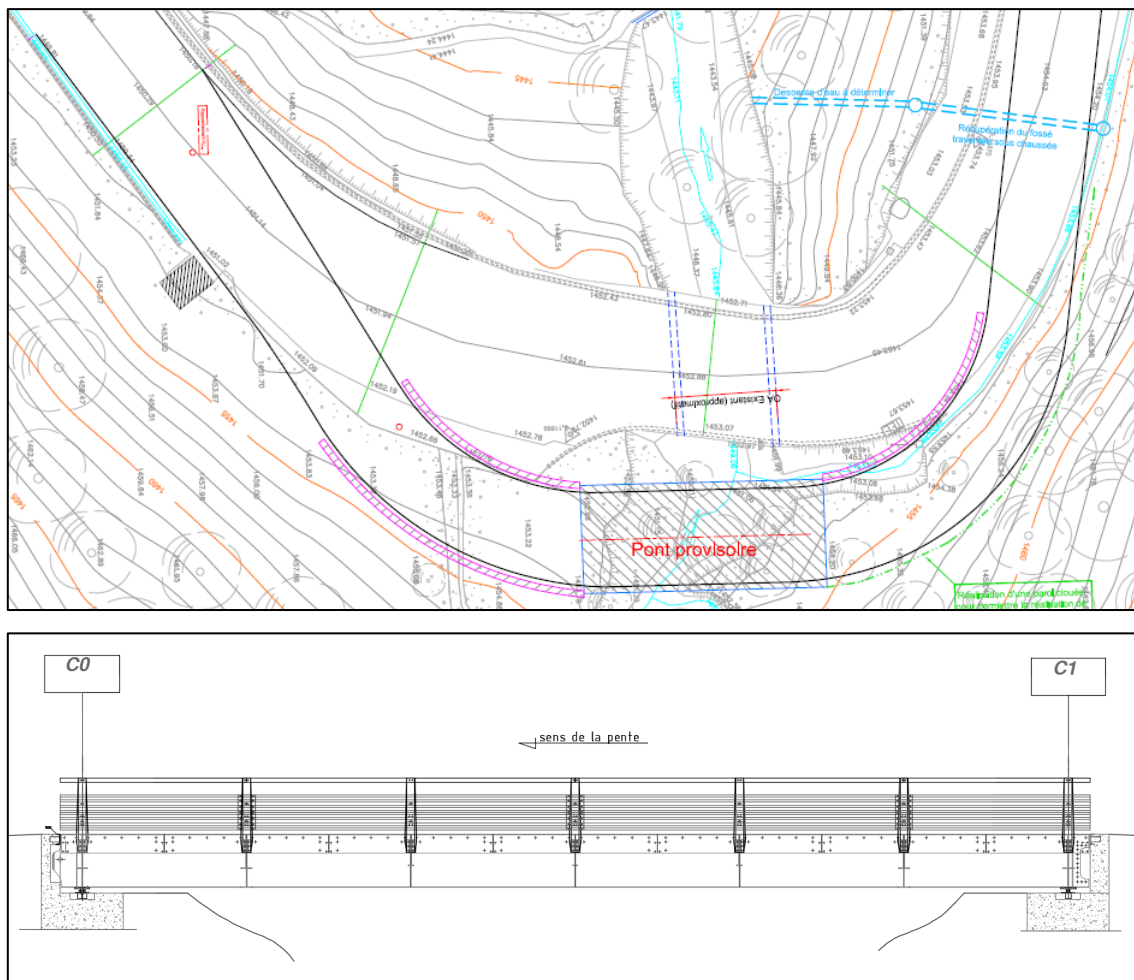
Ces éléments de tablier peuvent être transportés par convoi exceptionnel de catégorie 2 ou 3 selon la longueur de l'élément.

Ils peuvent être liaisonnés par brochage dans le sens longitudinal et permettent également de réaliser des ouvrages provisoires à plusieurs voies de circulation (3.50m, 7m ou plus) par boulonnage transversal.



Caractéristiques de l'ouvrage retenu :

- ✚ Type : VMD ;
- ✚ Longueur : 18,80 m ;
- ✚ Largeur de circulation : 2 x 3,50 m ;
- ✚ Platelage : Métallique + revêtement routier ultra mince ;
- ✚ Poids : Environ 33 tonnes ;
- ✚ Charge de chaussée : Charges A et B du Fascicule 61 titre II ;
- ✚ Dispositifs de retenue : Glissières de Sécurité type A.



6.2. Enjeux environnementaux et contraintes réglementaires



Dans le présent chapitre nous présenterons les enjeux environnementaux et les contraintes réglementaires de la solution de réparation présentée dans ce rapport ainsi que pour les solutions de remplacement qui feront l'objet du prochain rapport. Il est à noter que l'ensemble des solutions feront partie du rapport final du projet.

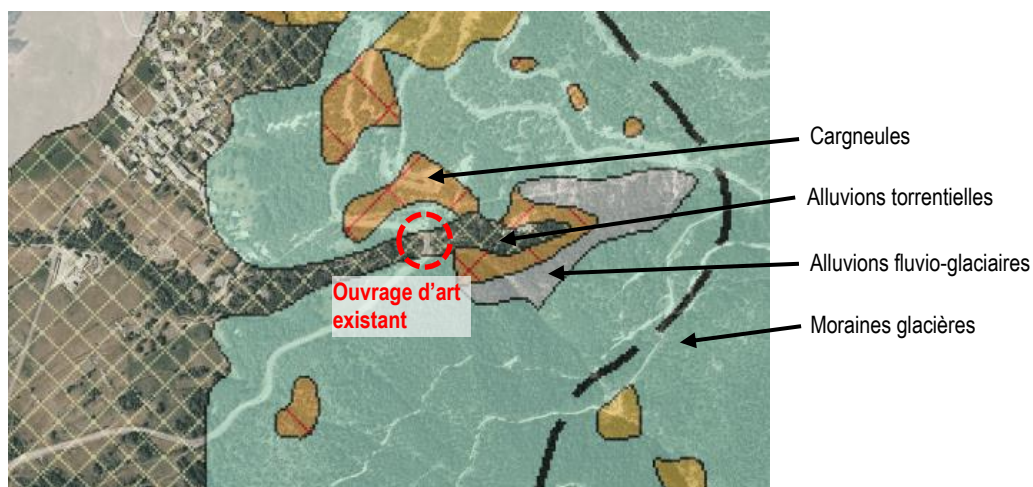
6.2.1. Enjeux environnementaux

6.2.1.1. Milieu physique

6.2.1.1.1. Géologie

D'après la carte géologique au 1/50 000^e du BRGM, les quatre variantes étudiées s'inscrivent sur deux formations géologiques affleurantes :

-  Alluvions torrentielles : cônes de déjection (ou d'épandage) actuels (actifs) à récents (fixés), Holocène ;
-  Moraines glacières würmiennes indifférenciées, Pléistocène supérieur.



Géologie au droit du projet (Source : BRGM, Géorisques)

Les variantes étudiées sont donc concernées par les mêmes formations géologiques affleurantes.

Une étude géotechnique permettra de déterminer précisément les caractéristiques des sols en place. Les dispositions constructives seront alors adaptées au regard des résultats obtenus et permettront de garantir la pérennité et l'intégrité des aménagements réalisés.

La stabilité des talus et des avoisinants devra également être assurée.

6.2.1.1.2. Relief

Le projet s'inscrit dans la vallée de la Durance, au droit de la RN94 permettant notamment de rejoindre le Col de Montgenèvre plus à l'est. Ce territoire montagneux, composé de nombreux sommets, présente un relief chahuté.

L'ouvrage d'art existant se situe dans un virage de la RN94 et permet de franchir la Durance. Les versants du massif montagneux et les talus de la RN, de part et d'autre de l'ouvrage d'art, présentent des pentes relativement importantes.



Relief au droit de l'ouvrage d'art



Relief en amont de l'ouvrage d'art

Relief au droit du projet (Source : Google maps)


Le relief ne constitue pas un facteur discriminant pour les variantes.

Les principales contraintes résultant de ce relief montagneux sont :

- ✚ D'assurer la stabilité de l'ouvrage d'art futur tout en assurant la stabilité des versants et des talus ;
- ✚ La prise en compte du risque de chute de blocs dans le lit du cours d'eau en phase travaux.

Afin d'assurer la stabilité des versants et talus, les techniques de construction employées (terrassements, fondations, etc.) seront choisies en adéquation avec ce contexte.

Par ailleurs, la technique utilisée pour le déroctage des versants devra éviter, dans la mesure du possible, la création de gros blocs (utilisation de micro-charges par exemple). Un filet sera également positionné au-dessus du

	Direction interdépartementale des routes méditerranée PONT DE FONTAINE CRETET Etape 2a : Solution réparation de l'ouvrage - Rapport de réparation	Juillet 2021 Indice C – V1 MD / LT
---	---	---

lit de la Durance durant les travaux et permettra de récupérer les fragments de roches générés ainsi que l'ouvrage actuel déconstruit (selon la variante).

En cas de chute de blocs non évitée dans le cours d'eau, un fractionnement par technique manuel sera privilégié.

6.2.1.1.3. Hydrogéologie et hydrographie

Le projet est localisé au droit de la masse d'eau souterraine des Formations variées du haut bassin de la Durance (codifiée FRDG417 dans le SDAGE Rhône-Méditerranée), présentant des états quantitatifs et chimiques bons. D'après l'IDPR (Indice de Développement et de Persistance des Réseaux) du BRGM, la vulnérabilité aux pollutions de la nappe au droit du projet est qualifiée de modérée.

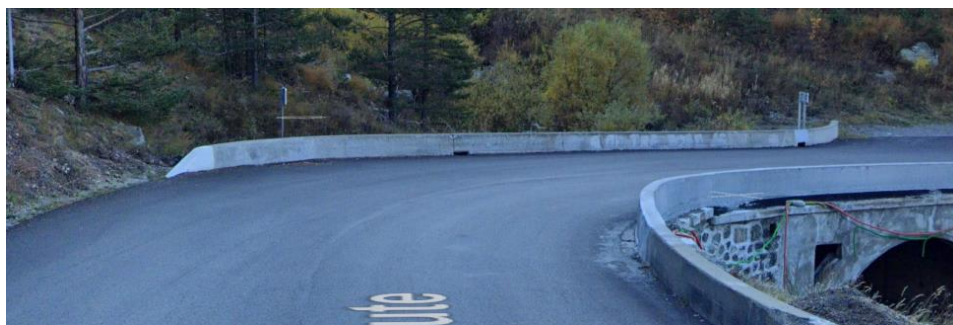
Par ailleurs, le projet traverse le cours d'eau de la Durance. Actuellement, l'ouvrage d'art surplombe la Durance d'environ 3 m pour sa partie est et d'environ 7 m pour sa partie ouest (voir plans). De manière générale, un ouvrage présentant un gabarit hydraulique important favorisera davantage le bon écoulement des eaux (et limitera la formation d'embâcles lors de crues torrentielles) ainsi que les déplacements d'espèces. Les ouvrages d'art étudiés selon les variantes présenteront à minima la dimension de l'ouvrage existant.

La Durance est définie comme masse d'eau superficielle dans le SDAGE Rhône-Méditerranée. Il s'agit du cours d'eau codifié FRDR311a « La Durance de la source à la confluence avec la Guisane, Clarée comprise ». Ses états chimique et écologique sont bons.

L'hydrogéologie et l'hydrographie ne constituent pas des facteurs discriminants pour les variantes.

Le projet ne devra pas dégrader les bons états de ces deux masses d'eau et devra être compatible avec les orientations définies dans le SDAGE Rhône-Méditerranée 2016-2021. A noter que le projet n'est pas concerné par un SAGE.

La gestion actuelle des eaux de ruissellement de la voirie s'effectue par rejet direct dans la Durance (écoulements des eaux le long de la voirie et rejets de part et d'autre du pont et au droit du pont par l'intermédiaire d'ouvertures le long des murets).





Pont actuel avec ouvertures visibles dans les murets (Source : Google Maps)





Dans le cadre de la préservation du bon état des eaux en lien avec des projets de reprise d'infrastructures routières, il est parfois demandé par la DDT (service Police de l'Eau) de traiter les eaux de ruissellement de la section de voirie concernée avant rejet au milieu naturel. Il est recommandé au Maître d'ouvrage de prendre contact avec la DDT le plus en amont possible des études de manière à anticiper de potentielles demandes.

6.2.1.2. Risques naturels

6.2.1.2.1. Plan de Prévention des Risques naturels

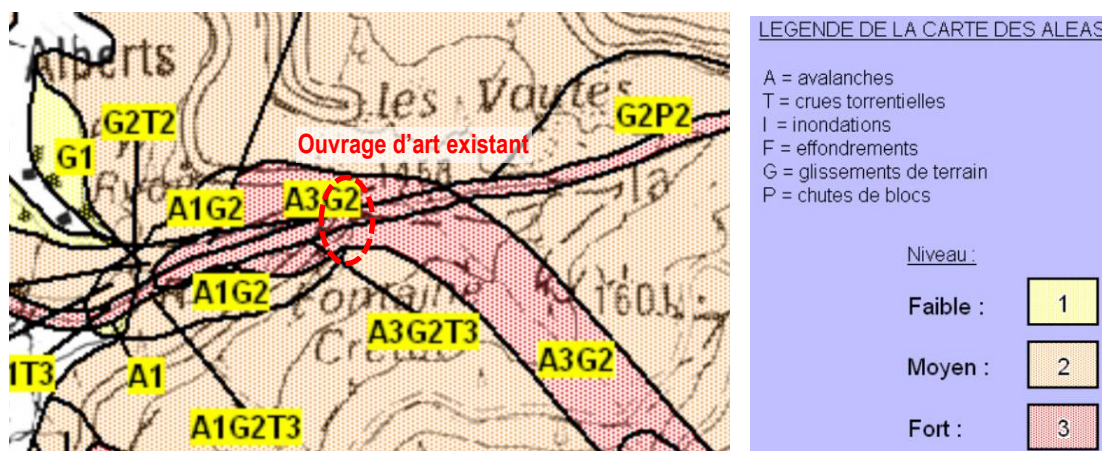
La commune de Montgenèvre fait l'objet d'un Plan de Prévention des Risques naturels (PPRn) Multirisques, approuvé le 20 février 2004. Ce dernier concerne les risques suivants :

-  Avalanches ;
-  Crues torrentielles ;

-  Inondations ;
-  Effondrements ;
-  Glissements de terrain ;
-  Chutes de blocs.

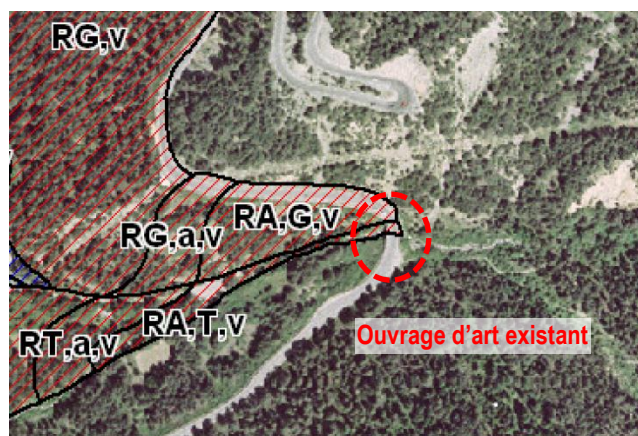
Le PPR présente deux types de cartographie, l'un relatif aux aléas et l'autre relatif aux zonages réglementaires mis en œuvre en fonction des aléas et de leurs niveaux de risque associés.

Ainsi, le projet est concerné par trois types d'aléas d'après le PPR : **crues torrentielles, en lien avec la Durance (niveau de risque qualifié de fort), avalanches (niveau de risque fort) et glissements de terrain (niveau de risque moyen).**





Extrait de la carte des aléas du PPRn Multirisques (PPRn Multirisques de Montgenèvre)

A noter que la carte des aléas ne présente pas le risque de ravinement et ruissellements de versant, contrairement à la carte du zonage réglementaire, présentée ci-après.




Zonage réglementaire du PPRn (PPRn Multirisques de Montgenèvre)

Le projet est concerné par deux zonages :

-  RA, G, v ;
-  RA, T, v.

La lettre « R » correspond à la zone rouge, dans laquelle le niveau de contrainte est fort. Ces zones rouges sont inconstructibles, à quelques exceptions près. Ainsi, le projet se situe en zone rouge pour les aléas avalanches (A), glissements de terrain (G) et crues torrentielles (T).

	Direction interdépartementale des routes méditerranée PONT DE FONTAINE CRETET Etape 2a : Solution réparation de l'ouvrage - Rapport de réparation	Juillet 2021 Indice C – V1 MD / LT
---	---	---

La zone bleue correspond à une zone dans laquelle le niveau de contrainte est faible. Cette zone concerne l'aléa ravinement et ruissellements de versant (« v » indiqué en lettre minuscule).

Un extrait du règlement du PPR est présenté ci-après.

❖ **En zone RA (avalanches)**

Occupations et utilisations du sol interdites

Toute occupation et utilisation du sol, de quelque nature qu'elle soit, y compris les remblais de tout volume et autres dépôts de matériaux (notamment produits dangereux), sont interdites, à l'exception de celles visées à l'article ci-après (« Occupations et utilisations du sol autorisées »).

Occupations et utilisations du sol autorisées

Les occupations et utilisations du sol suivantes sont, par dérogation à la règle commune et sous réserve des autres réglementations en vigueur, autorisées, à condition qu'elles n'aggravent pas les risques et n'en provoquent pas de nouveaux et qu'elles ne présentent qu'une vulnérabilité restreinte et qu'elles prennent en compte les caractéristiques techniques des phénomènes :

- ✚ Les travaux d'entretien et de gestion courants des constructions et des installations implantées antérieurement à la publication du plan, sous réserve qu'ils ne relèvent pas de la réglementation des permis de construire ;
- ✚ [...] **Les travaux d'infrastructure et les équipements nécessaires au fonctionnement des services publics sont autorisés sous réserve de la prise en compte des contraintes liées aux risques naturels et de l'interdiction de toute occupation humaine permanente (pas de possibilité d'hébergement). Ces équipements étant susceptibles de subir des dommages, il conviendra d'analyser l'impact de leur éventuelle mise hors service dans la gestion de la crise liée à la survenance de l'aléa ;**
- ✚ [...] Tous travaux et aménagements de nature à réduire les risques ;
- ✚ [...] La traversée par des pistes, chemins ou routes ;
- ✚ [...] **Les couvertures du ruisseau occasionnées par le franchissement des voies de communication ; elles doivent permettre l'évacuation des débits liquide et solide (sédiments et flottants) correspondant au minimum à la crue centennale.**

Pour information, la pose sur les voies carrossables publiques de panneaux de danger signalant les avalanches est une prescription faisant partie également du règlement de ce zonage. A noter qu'un panneau est toutefois déjà implanté à proximité du pont actuel.

❖ **En zones RG et RT (glissements de terrain et crues torrentielles)**


Occupations et utilisations du sol interdites

Toute occupation et utilisation du sol, de quelque nature qu'elle soit, y compris les remblais de tout volume et autres dépôts de matériaux (notamment produits dangereux), sont interdites, à l'exception de celles visées à l'article ci-après (« Occupations et utilisations du sol autorisées »).

Occupations et utilisations du sol autorisées

Les occupations et utilisations du sol suivantes sont, par dérogation à la règle commune et sous réserve des autres réglementations en vigueur, autorisées, à condition qu'elles n'aggravent pas les risques et n'en provoquent pas de nouveaux et qu'elles ne présentent qu'une vulnérabilité restreinte et qu'elles prennent en compte les caractéristiques techniques des phénomènes :

- ✚ Les travaux d'entretien et de gestion courants des constructions et des installations implantées antérieurement à la publication du plan, sous réserve qu'ils ne relèvent pas de la réglementation des permis de construire ;

	Direction interdépartementale des routes méditerranée PONT DE FONTAINE CRETET Etape 2a : Solution réparation de l'ouvrage - Rapport de réparation	Juillet 2021 Indice C – V1 MD / LT
---	---	---

- ✚ [...] **Les travaux d'infrastructure nécessaires au fonctionnement des services publics ;**
- ✚ [...] Tous travaux et aménagements de nature à réduire les risques ;
- ✚ [...] La traversée par des pistes, chemins ou routes ;
- ✚ [...] **Les couvertures du ruisseau occasionnées par le franchissement des voies de communication ; elles doivent permettre l'évacuation des débits liquide et solide (sédiments et flottants) correspondant au minimum à la crue centennale.**

Le règlement du zonage RG comprend également la prescription suivante : contrôle par les maîtres d'ouvrage (commune, particuliers, etc.) des réseaux de collecte et de distribution d'eau afin de supprimer toute fuite susceptible de se traduire par des apports d'eau dans les secteurs sensibles.

Ce point pourra faire l'objet d'un échange avec la DDT afin de savoir si cela doit s'appliquer au projet dans le cadre de la gestion des eaux de ruissellement.

Concernant le zonage RT, la prescription suivante est énoncée : « *Surveillance et entretien des divers ouvrages de protection par leur maître d'ouvrage. Dans le périmètre du PPR, une zone inconstructible stricte (sur laquelle l'édification de bâtiments d'habitation, hangars, granges, abris de jardin, clôtures fixes, ... est interdite) doit être respectée sur les deux rives de chaque cours d'eau afin de préserver un accès pour les travaux d'entretien et de disposer d'une marge de sécurité vis-à-vis d'éventuels phénomènes d'affouillements, glissements de berges, débordements localisés, ... La largeur de cette bande inconstructible est fixée à 10 mètres, mesurés à partir du sommet de berge. La représentation des cours d'eau sur le plan de zonage réglementaire est symbolique, la largeur du trait matérialisant les ruisseaux et torrents étant souvent arbitraire* ».

En phase travaux, l'organisation de chantier devra respecter cette prescription (localisation de la base vie et des zones de stockage en dehors de la zone inconstructible, etc.).

❖ **En zone Bv (ravinement et ruissellements de versant)**

Ce zonage Bv définit des prescriptions. Concernant le projet, le stockage de produits dangereux, polluants ou flottants est interdit, ou doit comporter un système capable d'empêcher leur emport par le courant (exemple : pour le bois, réalisation d'une barrière de type peigne de hauteur 0,30 m au moins).

❖ **Recommandations valables pour tous les zonages concernés**

La réalisation de travaux collectifs réduisant le risque est recommandée pour les zones présentant de la vulnérabilité. Ces travaux de protection sont à concevoir après une étude spécifique des zones concernées.

L'étude précisera les éventuelles prescriptions applicables au projet pour assurer sa pérennité et les effets du projet et des aménagements annexes sur son environnement. Dans le cas où des dispositifs de protection seraient nécessaires, les conditions de surveillance et d'entretien de ces dispositifs seront précisées.

❖ **Principaux enjeux liés au PPR**


Le projet est autorisé au sein des zonages du PPRn qu'il traverse, sous réserve de respecter les prescriptions édictées dans le règlement.

La conception du projet devra donc tenir compte de ces risques afin d'assurer la pérennité des aménagements réalisés et de ne pas aggraver les risques existants.

Le projet devra notamment être dimensionné selon une crue centennale.

A noter qu'en cas de choix de la variante « reconstruction en amont », l'ouvrage se situera en dehors du zonage du PPR, mais sera néanmoins soumis aux mêmes aléas naturels forts que les autres variantes. La DDT pourrait de ce fait demander à ce que le projet soit également compatible avec le PPR dans le cadre de cette variante.

Concernant plus particulièrement le risque d'inondation, le secteur du projet n'est pas couvert par l'Atlas des Zones Inondables (AZI) de la Durance. Aucune variante n'impactera le lit mineur du cours d'eau (aucun effet d'emprise).

	Direction interdépartementale des routes méditerranéenne PONT DE FONTAINE CRETET Etape 2a : Solution réparation de l'ouvrage - Rapport de réparation	Juillet 2021 Indice C – V1 MD / LT
---	--	---

Si les remblais réalisés aux abords du cours d'eau venaient à aggraver le risque d'inondation (à déterminer lors des études futures), une compensation pourrait être demandée par la DDT.

6.2.1.2.2. Autres risques

6.2.1.2.2.1. Risque d'inondation par remontée de nappe

D'après les données du BRGM, le projet n'est pas situé dans une zone sujette aux débordements de nappe.

6.2.1.2.2.2. Risque sismique

La France dispose d'un zonage sismique divisant le territoire national en cinq zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes.

Le projet est situé en **zone de sismicité 4 (risque moyen)**, dans laquelle des règles de construction parasismique particulières doivent être appliquées pour la réalisation de nouveaux ouvrages et bâtiments (et pour des ouvrages et bâtiments existants dans des conditions particulières).

Ce risque n'est pas discriminant pour le choix des variantes. Les règles de construction parasismique devront être prises en compte lors de la conception du projet.

6.2.1.2.2.3. Risque lié au retrait-gonflement des argiles

Le projet est concerné par un **risque modéré** de retrait-gonflement des argiles.

Ce risque n'est pas discriminant pour le choix des variantes. La conception du projet devra tenir compte de ce risque.

6.2.1.2.2.4. Autres mouvements de terrain

La base de données du BRGM relative aux mouvements de terrain recense un phénomène ponctuel d'éboulement/chutes de blocs au droit du projet. Cet événement a eu lieu en novembre 1963.



Eboulement ponctuel recensé au droit du projet (en vert) (Source : Géorisques)

Par ailleurs, la commune de Montgenèvre comprend également des mouvements de terrain non localisés.

Cet événement, de nature ponctuelle, n'est pas discriminant pour le choix des variantes. Cependant, le risque d'éboulement est donc présent au droit du projet.


6.2.1.2.2.5. Cavités souterraines

Les données du BRGM ne font pas état de la présence de cavités souterraines au droit du projet.

6.2.1.2.2.6. Risque feu de forêt

Le risque lié aux feux de forêt est présent sur la commune de Montgenèvre. Le projet est concerné par ce risque au vu du caractère boisé du secteur étudié.

Ce risque n'est pas discriminant pour le choix des variantes.

	Direction interdépartementale des routes méditerranéenne PONT DE FONTAINE CRETET Etape 2a : Solution réparation de l'ouvrage - Rapport de réparation	Juillet 2021 Indice C – V1 MD / LT
---	--	---

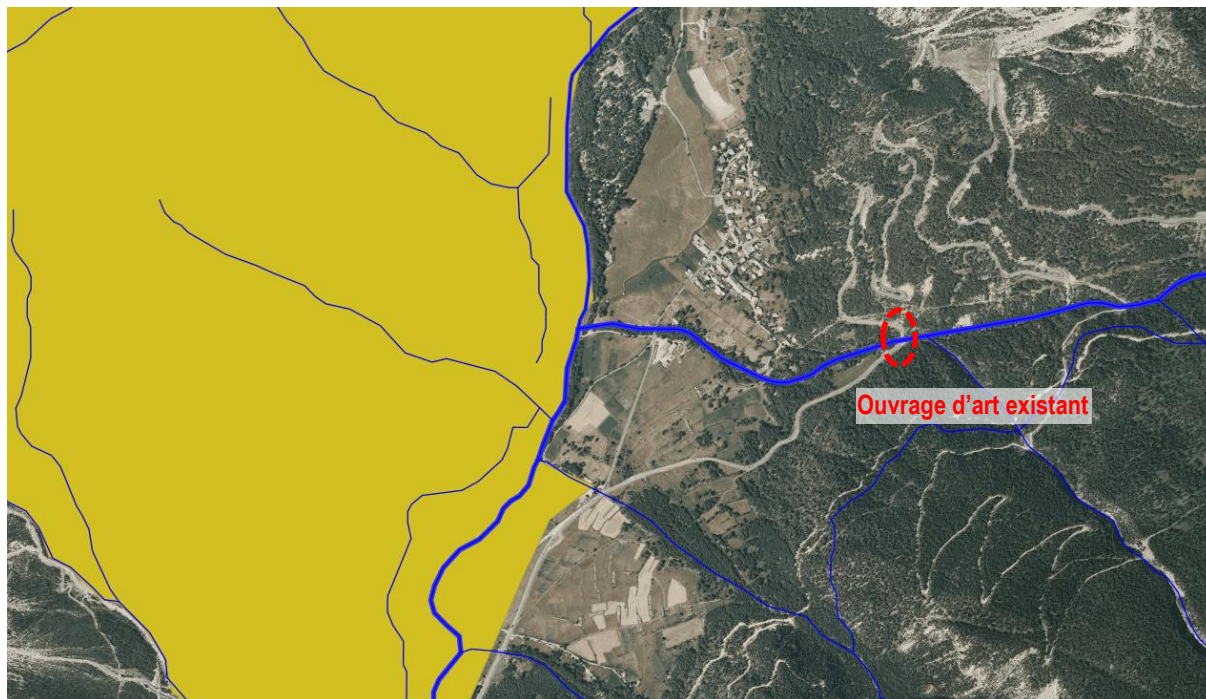
6.2.1.3. Milieu naturel

6.2.1.3.1. Zonages du patrimoine naturel

6.2.1.3.1.1. Zonage réglementaire du patrimoine naturel

Le projet n'est pas concerné par un zonage réglementaire du patrimoine naturel.

Un site appartenant au réseau européen Natura 2000 est localisé à environ 900 m à l'ouest du projet. Il s'agit du site FR9301499 « Clarée », soumis à la Directive Habitats, faune, flore.





Légende : En jaune : site Natura 2000 ; en bleu : réseau hydrographique.

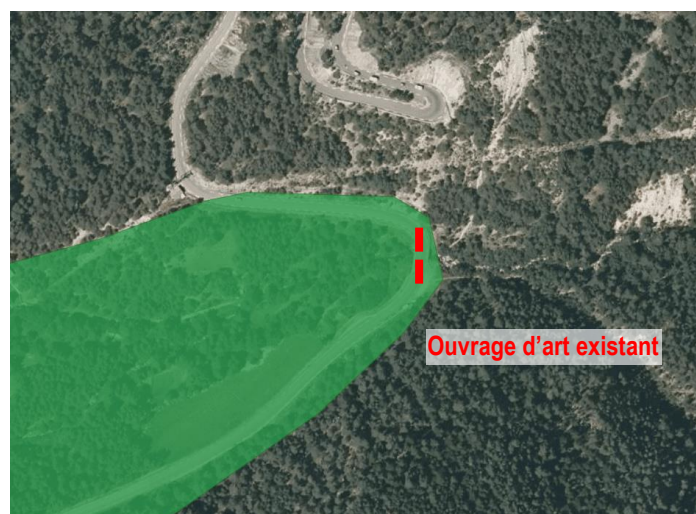
Localisation du site Natura 2000 « Clarée » (Source : Infoterre)

Au vu de la distance séparant le projet de ce site Natura 2000 et de l'existence d'une connexion formée par la Durance entre ces deux derniers (N2000 en aval de l'ouvrage), un risque de pollution indirecte par le projet sur ce site en phase travaux ne peut être exclu. Une évaluation des incidences Natura 2000 devra être réalisée.

6.2.1.3.1.2. Zonage d'inventaire du patrimoine naturel

Le projet se situe sur le périmètre de deux ZNIEFF (Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique) :

-  ZNIEFF de type I « Fond de la vallée de la Clarée entre Val-des-Prés et La Vachette – marais du Rosier » (identifiant : 930020108) ;
-  ZNIEFF de type II « Massif des Cerces – Mont Thabord -Vallée étroite et de la Clarée » (identifiant : 930012793).



Les deux ZNIEFF, représentées en vert, sont superposées.

ZNIEFF présentes au droit du projet (Source : Infoterre)




A noter que la variante « reconstruction en amont » se situe en dehors de ces ZNIEFF mais reste néanmoins en bordure immédiate de ces dernières.

6.2.1.3.1.3. Autres types de zonages

Aucun autre type de zonage ne concerne le projet.

6.2.1.3.2. Réservoirs et corridors écologiques

D'après le Schéma Régional de Cohérence Ecologique (SRCE) de Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA), le projet se situe au droit :


-  D'un réservoir de biodiversité à protéger ;
-  D'un cours d'eau à remettre en bon état : la Durance ;
-  De zones humides à préserver aux bords de la Durance.



Légende : en vert : réservoir de biodiversité à protéger ; en bleu : zones humides à préserver ; en pointillés bleus : cours d'eau à remettre en bon état.

SRCE PACA (Source : GéoIDE Carto)

Ces éléments du SRCE concernent l'ensemble des variantes étudiées.

	<p align="center">Direction interdépartementale des routes méditerranéenne</p> <p align="center">PONT DE FONTAINE CRETET</p> <p align="center">Etape 2a : Solution réparation de l'ouvrage - Rapport de réparation</p>	<p align="center">Juillet 2021</p> <p align="center">Indice C – V1</p> <p align="center">MD / LT</p>
---	--	---

6.2.1.3.3. Zones humides

Comme évoqué ci-avant, le SRCE PACA fait état de la présence de zones humides à préserver aux abords de la Durance.

Ces zones humides concernent l'ensemble des variantes étudiées.

6.2.1.3.4. Contexte local

La présence de ZNIEFF et la présence d'éléments du SRCE PACA au sein du secteur du projet démontrent l'existence de potentielles sensibilités écologiques.

Un inventaire écologique devra donc être réalisé afin de préciser les enjeux relatifs à chacune des variantes.

L'absence de chiroptères (espèces protégées) au droit de l'ouvrage d'art actuel et des arbres abattus devra notamment être confirmée par un écologue. Par ailleurs, ce contexte montagneux est également susceptible d'accueillir des espèces de Lézards protégées.

En fonction des résultats obtenus, des mesures d'évitement, de réduction ou de compensation devront être mises en œuvre. En cas d'impact sur des espèces protégées, une demande de dérogation devra être formulée auprès des services de l'Etat.

Les études écologiques incluront un inventaire zones humides afin de délimiter précisément ces dernières. En cas d'impact avéré sur des zones humides, une compensation devra être définie en cohérence avec les prescriptions du SDAGE Rhône-Méditerranée.

Les enjeux relatifs au milieu naturel pourront donc différer selon les variantes. Ces enjeux seront notamment en lien avec les emprises utilisées en phase travaux.

Pour rappel également, les dimensions de l'ouvrage d'art influenceront sur le déplacement des espèces (plus l'ouverture de l'ouvrage sera importante, plus cela favorable aux déplacements).

6.2.1.4. Patrimoine historique et culturel

Le projet n'est pas concerné par un site inscrit ou classé, un périmètre de protection de monument historique ou un Site Patrimonial Remarquable (SPR).


6.2.1.5. Chemins de randonnée

Un chemin de randonnée, non identifié à ce stade, passe au niveau du projet. Il se raccorde notamment au GR653D plus à l'est.



Légende : En rouge : la RN94, en trait marron clair : le chemin de randonnée.

Localisation du chemin de randonnée (Source : Géoportail)

	Direction interdépartementale des routes méditerranée PONT DE FONTAINE CRETET Etape 2a : Solution réparation de l'ouvrage - Rapport de réparation	Juillet 2021 Indice C – V1 MD / LT
---	---	---

La variante « reconstruction en amont » aura un impact légèrement plus important sur ce dernier (effet d'emprise). A noter que la démolition de l'ouvrage existant impactera également celui-ci (démolition valable pour les variantes « reconstruction en aval » et « reconstruction en lieu et place de l'existant »).

Le chemin devra être rétabli, conformément à la réglementation en vigueur. La continuité de ce dernier et la sécurité des randonneurs devront également être assurées en phase travaux.

6.2.2. Contraintes réglementaires

6.2.2.1. Etude d'impact (évaluation environnementale) et concertation publique

Les catégories de projet soumis à évaluation environnementale (étude d'impact) ou à examen au cas par cas en application du II de l'article L.122-1 du Code de l'environnement sont définies à l'article R.122-2 et son tableau annexe.

Le tableau suivant dresse la liste des rubriques de l'annexe à l'article R.122-2 du Code de l'environnement concernant le projet.

Tableau 1 : Rubriques de l'annexe à l'article R.122-2 CE concernant le projet

CATEGORIE DE PROJET	PROJET SOUMIS A EVALUATION ENVIRONNEMENTALE	PROJET SOUMIS A EXAMEN AU CAS PAR CAS
6. Infrastructures routières (Les ponts, tunnels et tranchées couvertes supportant des infrastructures routières doivent être étudiés au titre de cette rubrique).	a) Construction d'autoroutes et de voies rapides. b) Construction d'une route à quatre voies ou plus, élargissement d'une route existante à deux voies ou moins pour en faire une route à quatre voies ou plus, lorsque la nouvelle route ou la section de route alignée et/ ou élargie excède une longueur ininterrompue d'au moins 10 kilomètres. c) Construction, élargissement d'une route par ajout d'au moins une voie, extension d'une route ou d'une section de route, lorsque la nouvelle route ou la section de route élargie ou étendue excède une longueur ininterrompue d'au moins 10 kilomètres.	a) Construction de routes classées dans le domaine public routier de l'Etat, des départements, des communes et des établissements publics de coopération intercommunale non mentionnées aux b) et c) de la colonne précédente. b) Construction d'autres voies non mentionnées au a) mobilisant des techniques de stabilisation des sols et d'une longueur supérieure à 3 km. En Guyane, ce seuil est porté à 30 km pour les projets d'itinéraires de desserte des bois et forêts mentionnés au premier alinéa de l'article L. 272-2 du code forestier, figurant dans le schéma pluriannuel de desserte forestière annexé au programme régional de la forêt et du bois mentionné à l'article L. 122-1 du code forestier et au 26° du I de l'article R. 122-17 du code de l'environnement. c) Construction de pistes cyclables et voies vertes de plus de 10 km.

Le projet entre dans la rubrique 6a) des projets soumis à **examen au cas par cas**. Il devra donc faire l'objet d'une demande d'examen au cas par cas auprès de l'Autorité environnementale compétente (DREAL PACA).


Si le projet est soumis à étude d'impact suite à cet examen cas par cas, il devra alors faire l'objet d'une **concertation publique au titre du Code de l'environnement**.

6.2.2.2. Procédure Loi sur l'eau


La nomenclature des installations, ouvrages, travaux et activités soumis à autorisation ou à déclaration en application des articles L214-1 à L214-6 du Code de l'environnement figure au tableau annexé à l'article R214-1.

Le projet pourrait être concerné par plusieurs rubriques de la nomenclature Loi sur l'eau, exposées ci-après (liste non exhaustive).

Tableau 2 : Rubriques de la nomenclature loi sur l'eau susceptibles de concerner le projet

	Direction interdépartementale des routes méditerranée PONT DE FONTAINE CRETET Etape 2a : Solution réparation de l'ouvrage - Rapport de réparation	Juillet 2021 Indice C – V1 MD / LT
---	---	---

IOTA	SEUILS ET REGIMES APPLICABLES AU PROJET
TITRE I^{er} : PRELEVEMENTS	
<p>1.2.1.0. A l'exception des prélèvements faisant l'objet d'une convention avec l'attributaire du débit affecté prévu par l'article L. 214-9, prélèvements et installations et ouvrages permettant le prélèvement, y compris par dérivation, dans un cours d'eau, dans sa nappe d'accompagnement ou dans un plan d'eau ou canal alimenté par ce cours d'eau ou cette nappe :</p> <p>1° D'une capacité totale maximale supérieure ou égale à 1 000 m³/ heure ou à 5 % du débit du cours d'eau ou, à défaut, du débit global d'alimentation du canal ou du plan d'eau (A) ;</p> <p>2° D'une capacité totale maximale comprise entre 400 et 1 000 m³/ heure ou entre 2 et 5 % du débit du cours d'eau ou, à défaut, du débit global d'alimentation du canal ou du plan d'eau (D).</p>	<p>Le projet ne prévoit pas de pompage dans un cours d'eau ou dans sa nappe d'accompagnement en phase exploitation.</p> <p>En phase travaux, les phases ultérieures du projet détermineront la nécessité d'effectuer des pompages dans le cours d'eau ou sa nappe d'accompagnement. Auquel cas, le projet sera potentiellement soumis à déclaration au titre de cette rubrique.</p>
TITRE II : REJETS	
<p>2.1.5.0. Rejet d'eaux pluviales dans les eaux douces superficielles ou sur le sol ou dans le sous-sol, la surface totale du projet, augmentée de la surface correspondant à la partie du bassin naturel dont les écoulements sont interceptés par le projet, étant :</p> <p>1° Supérieure ou égale à 20 ha (A)</p> <p>2° Supérieure à 1 ha mais inférieure à 20 ha (D)</p>	<p>Les eaux pluviales seront rejetées au milieu naturel. Pour rappel, pour tout projet, <u>l'infiltration</u> est à rechercher au maximum en premier lieu. Les surfaces imperméabilisées dans le cadre du projet et de bassins versants naturels interceptés seront calculées lors des prochaines étapes du projet afin de statuer sur le régime applicable.</p>
<p>2.2.4.0. Installations ou activités à l'origine d'un effluent correspondant à un apport au milieu aquatique de plus de 1 t/jour de sels dissous (D)</p>	<p>La quantité de sels dissous utilisée suivant la surface imperméabilisée sera calculée lors des prochaines étapes du projet. Le projet pourrait être soumis à déclaration au titre de cette rubrique au vu du contexte climatique montagnard.</p>
TITRE III : IMPACTS SUR LE MILIEU AQUATIQUE OU SUR LA SECURITE PUBLIQUE	
<p>3.3.1.0. Installations, ouvrages, remblais et épis, dans le lit mineur d'un cours d'eau, constituant :</p> <p>1° Un obstacle à l'écoulement des crues (A)</p> <p>2° Un obstacle à la continuité écologique (D) [...]</p> <p><i>Le lit mineur d'un cours d'eau est l'espace recouvert par les eaux coulant à pleins bords avant débordement.</i></p>	<p>Le projet n'aura aucun impact sur le lit mineur de la Durance.</p>
<p>3.1.2.0. Installations, ouvrages, travaux ou activités conduisant à modifier le profil en long ou en travers du lit mineur d'un cours d'eau, à l'exclusion de ceux visés à la rubrique 3.1.4.0., ou conduisant à la dérivation d'un cours d'eau :</p> <p>1° Sur une longueur de cours d'eau supérieure ou égale à 100 m (A)</p> <p>2° Sur une longueur de cours d'eau inférieure à 100 m (D)</p>	<p>Le projet n'aura aucun impact sur le lit mineur de la Durance.</p>
<p>3.1.3.0. Installations ou ouvrages ayant un impact sensible sur la luminosité nécessaire au maintien de la vie et de la circulation aquatique dans un cours d'eau, sur une longueur :</p> <p>1° Supérieure ou égale à 100 m (A)</p> <p>2° Supérieure ou égale à 10 m mais inférieure à 100 m (D)</p>	<p>La réalisation du projet pourra avoir un impact sur la luminosité de la Durance.</p> <p>Suivant la largeur de l'ouvrage d'art retenue, le projet peut être soumis à déclaration au titre de cette rubrique.</p>
<p>3.1.4.0. Consolidation ou protection des berges, à l'exclusion des canaux artificiels, par des techniques autres que végétales suivantes :</p> <p>1° Sur une longueur supérieure ou égale à 200 m (A)</p> <p>2° Sur une longueur supérieure ou égale à 20 m mais inférieure à 200 m (D)</p>	<p>Le projet nécessitera la réalisation de murs de soutènement.</p> <p>L'impact sur les berges devra être précisé lors des phases d'études ultérieures.</p>
<p>3.1.5.0. Installations, ouvrages, travaux ou activités, dans le lit mineur d'un cours d'eau, étant de nature à détruire les frayères, les zones de croissance ou les zones d'alimentation de la faune piscicole, des crustacés et des batraciens, ou dans le lit majeur d'un cours d'eau, étant de nature à détruire les frayères de brochet :</p> <p>1° Destruction de plus de 200 m² de frayères (A)</p> <p>2° Dans les autres cas (D)</p>	<p>Le projet n'aura aucun impact sur le lit mineur d'un cours d'eau.</p>
<p>3.2.2.0. Installations, ouvrages, remblais dans le lit majeur d'un cours d'eau :</p> <p>1° Surface soustraite supérieure ou égale à 10 000 m² (A)</p>	<p>Les études ultérieures devront acter l'impact éventuel de remblais sur l'écoulement des eaux.</p>

	Direction interdépartementale des routes méditerranée PONT DE FONTAINE CRETET Etape 2a : Solution réparation de l'ouvrage - Rapport de réparation	Juillet 2021 Indice C – V1 MD / LT
---	---	---

IOTA	SEUILS ET REGIMES APPLICABLES AU PROJET
2° Surface soustraite supérieure ou égale à 400 m ² et inférieure à 10 000 m ² (D) <i>Au sens de la présente rubrique, le lit majeur du cours d'eau est la zone naturellement inondable par la plus forte crue connue ou par la crue centennale si celle-ci est supérieure. La surface soustraite est la surface soustraite à l'expansion des crues du fait de l'existence de l'installation ou ouvrage, y compris la surface occupée par l'installation, l'ouvrage ou le remblai dans le lit majeur.</i>	Pour rappel, l'ouvrage devra être dimensionné selon une crue centennale, conformément au PPRn.
3.3.1.0. Assèchement, mise en eau, imperméabilisation, remblais de zones humides ou de marais, la zone asséchée ou mise en eau étant : 1° Supérieure ou égale à 1 ha (A) 2° Supérieure à 0,1 ha mais inférieure à 1 ha (D)	Les données bibliographiques font état de la présence de zones humides aux abords de la Durance. Un inventaire zone humide pourra confirmer ces résultats lors d'un passage d'un écologue. La surface impactée par le projet sera alors déterminée (déclaration potentielle).

Le projet est susceptible d'être soumis à **déclaration** au titre de la loi sur l'eau. Cependant, la rubrique 2.1.5.0. relative aux rejets d'eaux pluviales en milieu naturel peut potentiellement déclencher le régime d'autorisation. Le cas échéant, le projet devra faire l'objet d'une procédure d'autorisation environnementale. Les surfaces imperméabilisées dans le cadre du projet et de bassins versants naturels interceptés seront calculées lors des prochaines étapes du projet afin de statuer sur le régime applicable.

Par ailleurs, il est recommandé au Maître d'ouvrage d'engager des échanges avec le service de la Police de l'Eau le plus en amont possible des études. Celle-ci est en effet susceptible de formuler des demandes particulières à prendre en considération dans la réalisation du projet (par exemple, prise en charge et traitement des eaux de ruissellement de la plateforme routière avant rejet au milieu naturel).

6.2.2.3. *Dérogation aux mesures de protection de la faune et de la flore sauvage et de leurs habitats*

Un inventaire écologique devra être réalisé sur un cycle biologique complet. Il permettra de déterminer les enjeux écologiques propres au projet.

En cas de découverte d'espèces protégées pouvant être impactées par le projet, une demande de dérogation devra être formulée auprès des services de l'Etat.

6.2.2.4. *Dérogation à l'interdiction de défricher*

Le projet est susceptible d'être soumis à une procédure d'autorisation de défrichement (abattage d'arbres nécessaire). Une prise de contact avec l'Office National des Forêts (ONF) est vivement recommandée.

6.2.2.5. *Mise en compatibilité des documents d'urbanisme (MECDU)*


Le projet doit être compatible avec le PLU de Montgenèvre. **En cas d'incompatibilité, une procédure de MECDU devra être réalisée.**

6.2.2.6. *Déclaration de projet*

La production d'une étude d'impact impose la tenue d'une enquête publique, organisée selon les dispositions du Code de l'environnement. Lorsque le responsable du projet est une collectivité territoriale, l'enquête aboutit à une déclaration de projet portant sur l'intérêt général du projet (DPRO), en application de l'article L.126-1 du Code de l'environnement.

La DPRO sera prononcée par délibération du Maître d'ouvrage. Elle sera préalable aux autorisations de travaux et devra être prononcée avant la DUP (si le projet y est soumis).

Le projet pourrait être concerné par une déclaration de projet si l'Autorité environnementale juge nécessaire la réalisation d'une évaluation environnementale (projet soumis à examen au cas par cas).

	Direction interdépartementale des routes méditerranée PONT DE FONTAINE CRETET Etape 2a : Solution réparation de l'ouvrage - Rapport de réparation	Juillet 2021 Indice C – V1 MD / LT
---	---	---

6.2.2.7. Déclaration d'utilité publique

Conformément aux articles L.1 et suivants du Code de l'expropriation pour cause d'utilité publique, une procédure de déclaration d'utilité publique doit être menée en vue de maîtriser l'ensemble des parcelles concernées par un projet.

L'utilité publique sera formellement prononcée par l'État à la suite d'une enquête publique. Conformément à l'article L.110-1, l'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique portant sur une opération susceptible d'affecter l'environnement est régie par les dispositions des articles L.123-1 et suivants de ce même code.

En cas d'expropriation, le projet sera soumis à la procédure de DUP.

6.2.2.8. Procédure d'archéologie préventive

La DRAC devra être consultée dans le cadre du projet. Celle-ci pourra alors définir des prescriptions particulières à appliquer si elle le juge nécessaire (fouilles préventives, etc.).

Nota : il est recommandé au Maître d'ouvrage de prendre contact avec la DRAC le plus rapidement possible.

6.2.2.9. Evaluation socio-économique

Si le projet est soumis à évaluation environnementale, celui-ci devra faire l'objet d'une analyse socio-économique.

Extrait de l'article L.122-3 du Code de l'environnement :



« L'étude d'impact expose également, pour les infrastructures de transport, une analyse des coûts collectifs des pollutions et nuisances et des avantages induits pour la collectivité ainsi qu'une évaluation des consommations énergétiques résultant de l'exploitation du projet, notamment du fait des déplacements qu'elle entraîne ou permet d'éviter [...]. »

Le projet n'entre cependant pas dans le champ des projets soumis à évaluation socio-économique au titre du Code des transports (articles R.1511-1 et R.1511-2 du Code des Transports). En effet, les projets d'infrastructures de transport concernés doivent présenter un montant hors taxe supérieur à 83 084 715 €.

7. PHASAGE, DELAI ET COUT DES TRAVAUX

Conformément aux contraintes d'exploitation des voiries, il est identifié une impossibilité d'alternat en temps de neige et de plus, une solution de travaux de réparation par alternat avec modification des dispositifs de retenue même hors temps de temps neige, ne permet pas de dégager d'espace de sécurité suffisante (50 cm de bade de sécurité au droit des dispositifs de retenue provisoire) permettant de réaliser les travaux de manière sécuritaire.

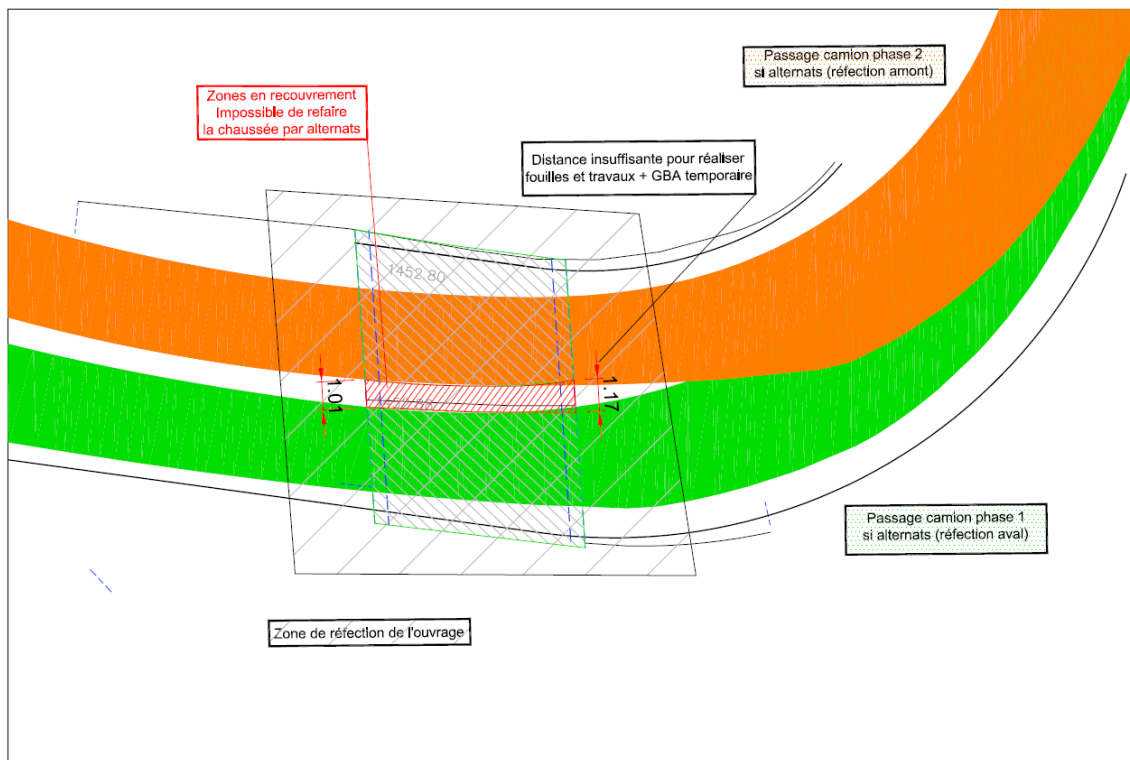
Pour cela, 2 variantes seront proposées :

-  Solution 1 : réparation avec circulation déviées sur pont provisoires
-  Solution 1bis : réparation avec alternat de circulation sur ouvrage (sous réserve des travaux hors période de neige et nécessitant une interruption totale de la circulation pendant une durée comprise entre 24h et 48h00).

Dans le cas d'une solution de réparation de l'état en l'état, sans modification du profil en travers, il n'est pas possible de réaliser les travaux de réparation de l'ouvrage par alternat.

En effet, d'un point de vue giration, comme le montrent les extraits de plans, il est impossible de garantir une réparation de l'extrados en deux phases (par « demi-chaussée »).

L'extrait de plan ci-après indique que la largeur de l'ouvrage existant ne permet pas de réaliser les travaux de réparation sur l'extrados tout en assurant une mise en place d'une protection (de type GBA) entre la zone circulée et la zone de travaux. Or, une protection entre la zone de travaux et la zone circulée est nécessaire.



7.1. Phasage des travaux

7.1.1. Solution de réparation avec circulation déviée sur pont provisoire

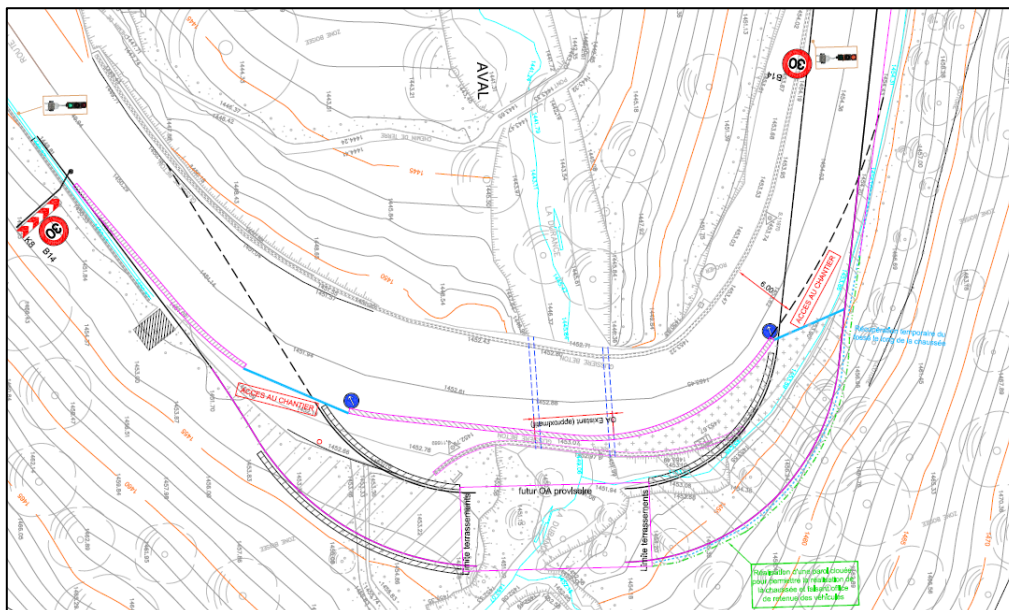
La réalisation des travaux de réparation d'un ouvrage sur un axe stratégique tel que la RN94 doit être effectuée de façon à entraver le moins possible la circulation.

Les principales étapes, pour la réparation de l'ouvrage sont les suivantes :

Installations et préparations :

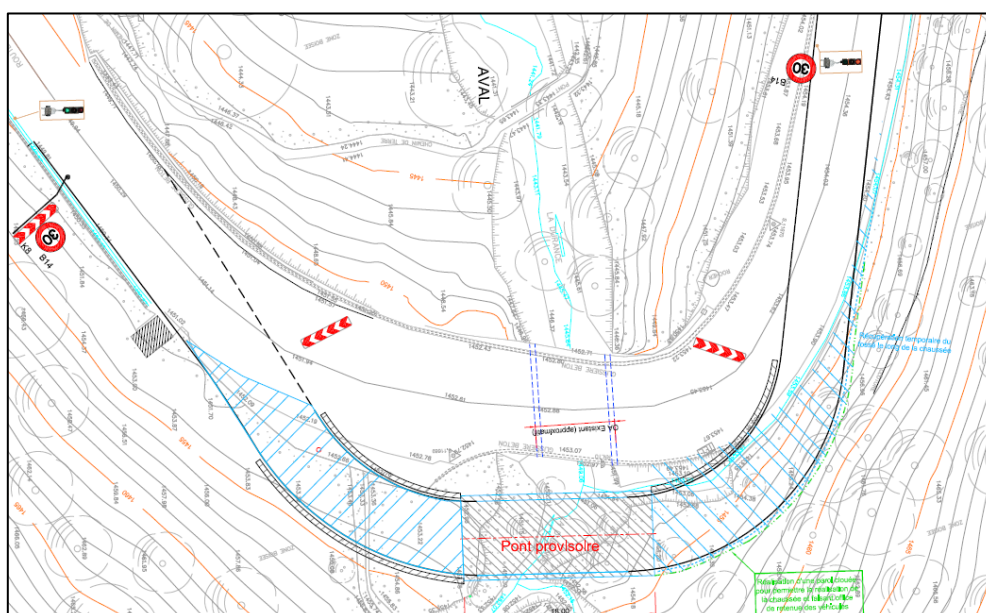
- ✚ Installations du chantier ;
- ✚ Pose des BT4 ;
- ✚ Installations de signalisation de chantier par alternat ;
- ✚ Neutralisation d'une partie de la voie de droite.

Travaux de terrassement :



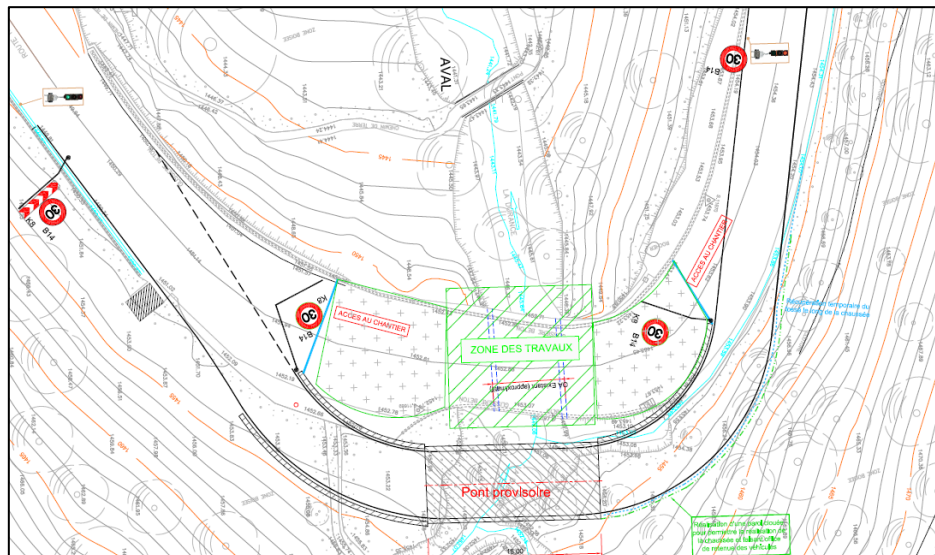
- ✚ Réalisation des parois clouées ;
- ✚ Réalisation de terrassement d'accès à l'OA provisoire.

Installation du Pont provisoire :



- ✚ Réalisation des appuis provisoires ;


- ✚ Amenée et pose d'un pont provisoire ;
- ✚ Basculement de la circulation sur le pont provisoire ;
- ✚ Fermeture de l'accès au chantier.



Travaux de réparation

Nota : Dans le but de réaliser les travaux sur l'extrados en toute sécurité, les réparations sur l'intrados sont réalisées avant celles sur l'extrados.

- ✚ Intrados :
 - Purge du béton projeté, du béton non adhérent et du béton carbonaté,
 - Démontage des Nerlat,
 - Traitement des armatures apparentes corrodées,
 - Application d'un produit d'accrochage sur le béton,
 - Renforcement par des barres en aciers inoxydables,
 - Reconstitution de l'enrobage.
- ✚ Extrados :
 - Décapage de la chaussée et de l'étanchéité,
 - Démolition partielle, scellement et mise en place du ferrailage de la longrine (pour le dispositif de retenue de niveau H2)
 - Renforcement de la face supérieure de la dalle,
 - Coffrage et coulage de la longrine et des trottoirs,
- ✚ Culées
 - Purge du béton non adhérent,
 - Remise en état du dispositif de drainage
 - Application d'un produit d'accrochage sur le béton
 - Reconstitution de l'enrobage.

	Direction interdépartementale des routes méditerranée PONT DE FONTAINE CRETET Etape 2a : Solution réparation de l'ouvrage - Rapport de réparation	Juillet 2021 Indice C – V1 MD / LT
---	---	---

Travaux de superstructure et repli :

- ✚ Réfection de la chappe d'étanchéité et de la couche de roulement ;
- ✚ Réfection des dispositifs de drainage, évacuation des eaux et des larmiers
- ✚ Mise en œuvre d'un dispositif de retenue de niveau H2 ;
- ✚ Pose des dispositifs d'évacuation des eaux et de drainage ;
- ✚ Remise en état des corniches : purge du béton, protection contre le gel et environnement chimique ;
- ✚ Remise en circulation sur la chaussée de l'ouvrage ;
- ✚ Dépose et repliement de l'ouvrage provisoire ;
- ✚ Démolition des culées provisoires ;
- ✚ Remise en état des lieux et réfection des talus.

7.1.2. Solution de réparation alternat de circulation

La réparation de l'ouvrage obéit au même phasage que pour la variante avec pont provisoire sauf que la particularité réside au niveau de l'alternat à mettre en place pour la réalisation de l'ouvrage en l'absence de pont provisoire.

- ✚ Installations et préparations (idem solution 1) ;
- ✚ Neutralisation d'une voie avec mise en place de l'alternat ;
- ✚ Travaux de réparation et superstructures sur la partie neutralisée (idem solution 1) ;
- ✚ Basculement de la circulation sur la partie réparée ;
- ✚ Travaux de réparation et de superstructures sur la partie restante
- ✚ Remise en état des lieux et repli.

Présentation sommaire de quelques techniques envisageables pour le traitement des aciers corrodés

En l'absence d'indication précise sur les épaisseurs des enrobages, les techniques présentées ci-après pourront être envisagées pour le traitement des aciers corrodés dans le cadre de la réparation de l'ouvrage et en particulier, la réparation de l'intrados du tablier. Celles-ci seront étudiées plus précisément dans les études ultérieures.

Si dans le cadre des études ultérieures, la suffisance des enrobages est démontrée, la protection des aciers armatures pourraient être réalisée avec des produits de type revêtements étanches.

Les informations présentées ci-après sont extraites du guide FABEM 1 du STRRES.

✚ **Mise en œuvre de traitements électrochimiques : Déminéralisation et Ré-alkalinisation,**

La déminéralisation électrochimique a pour but d'extraire les chlorures du béton et la ré-alkalinisation électrochimique a pour but d'augmenter le pH du béton.

Ce traitement peut se faire avec deux procédés :

- 1ère procédé : au moyen d'une anode active directement reliée à l'armature (création d'un courant galvanique). Dans un tel cas, la déchloruration et la ré-alkalinisation peuvent être effectuées en même temps ;
- 2ème procédé : au moyen d'un générateur électrique qui impose un courant circulant de l'anode vers l'armature. Dans un tel cas, la déchloruration et la ré-alkalinisation sont effectuées l'une après l'autre

✚ **Mise en œuvre d'inhibiteurs de corrosion à la surface du béton**

Ils sont appliqués couramment à la surface des armatures de béton armé débarrassées de la rouille avant de mettre en œuvre un mortier de ragréage.

Les inhibiteurs de corrosion appartiennent aux trois groupes suivants, en fonction de leur mode d'action :

Les inhibiteurs anodiques (inhibiteurs de type passivant dits aussi oxydants), qui diminuent le courant de corrosion à la surface de l'armature sur la partie anodique (zone de corrosion) en transformant l'oxyde ferreux en une couche d'oxyde ferrique, créant sur celle-ci une couche compacte d'oxyde de fer.

Les inhibiteurs cathodiques, qui sont subdivisés, par d'autres auteurs, en deux catégories :

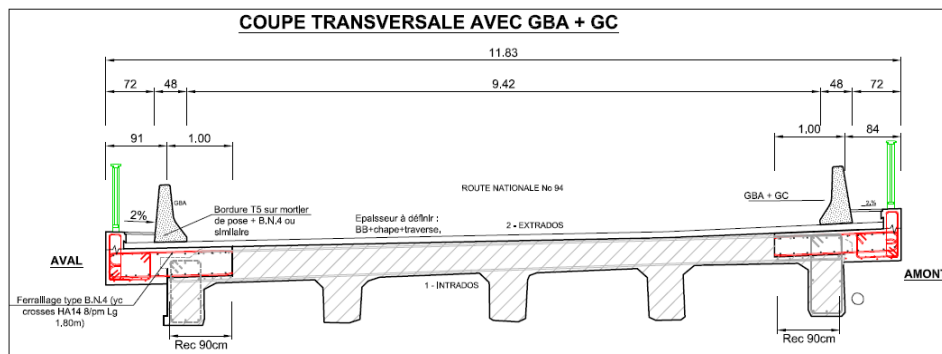
- Les inhibiteurs d'adsorption, qui réduisent le courant au niveau de la cathode en formant une couche adhérente à la surface de l'armature.
- Les inhibiteurs non oxydants, qui augmentent la surtension cathodique et réduisent ainsi le courant de corrosion (sorte de barrière électrochimiques d'ions).
- Les inhibiteurs mixtes, qui ont les propriétés des deux inhibiteurs cités ci-avant.

Choix de la solution préférentielle concernant la mise en œuvre d'un dispositif de type H2

La faisabilité de mise en œuvre d'un dispositif de type sur l'ouvrage existant est étudiée en considérant les deux possibilités suivantes :

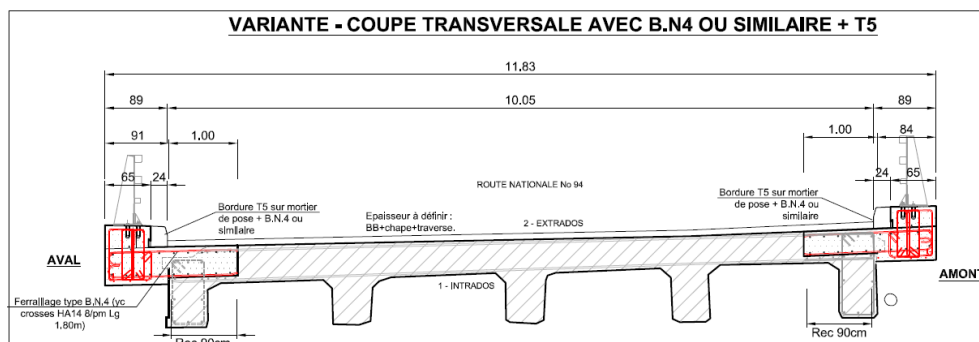
Possibilité 1 : Mise en place d'une GBA et d'un garde-corps


Dans ce cas de figure, la GBA assure à la fois la fonction de dispositif de retenue (de niveau H2) et la fonction de guide pour les camions de déneigement. Ici, un garde-corps est nécessaire même sans nécessité de trottoirs et ce du fait qu'une GBA simple ne peut pas être disposée en rive de tablier.



Possibilité 2 : Mise en place d'un dispositif de type BN4 et d'une bordure T5

Dans ce cas de figure, la fonction de dispositif de retenue (de niveau H2) est assurée par la BN4 et la fonction de guide pour les camions de déneigement est assurée par la bordure T5 (sous réserve de la validation, par l'exploitant, que cette bordure suffise (en termes de hauteur notamment) pour le guidage des camions de déneigement.



	Direction interdépartementale des routes méditerranée PONT DE FONTAINE CRETET Etape 2a : Solution réparation de l'ouvrage - Rapport de réparation	Juillet 2021 Indice C – V1 MD / LT
---	---	---

Solution préconisée :

Par cohérence avec les propositions concernant les coupes transversales des solutions de remplacement de l'ouvrage (étape 2b), nous préconisons la solution GBA + GC. De plus, l'adaptation est moins lourde avec cette solution par rapport à la solution BN4 ou équivalent.

Précisions relatives à l'étalement provisoire pour les travaux de réparation de l'intrados du tablier

Des étalements peuvent être prévus par l'entreprise en phase chantier selon la perte de section de béton armé après purge du béton projeté, non adhérent et carbonaté. Les éléments à disposition pour connaître la nécessité d'un étalement ne sont, toutefois, pas suffisants à cette phase d'études. Pour les études ultérieures, une évaluation plus précise de la capacité résiduelle de l'ouvrage (dans son état actuel) devra être faite afin de savoir si un étalement est nécessaire ou pas, pour les travaux de réparation de l'ouvrage.

Pour ce qui concerne le type de fondation qui sera réalisé pour cet étalement, des sondages visant à connaître les caractéristiques du sol d'assise devront être réalisés pour les études ultérieures.

Concernant l'impact de l'installation des appuis et fondations de cet étalement, cela sera sans conséquence en termes de démarche environnementale si les mesures nécessaires sont prises pour éviter tout rejet de déchets dans le cours d'eau. Ces mesures seront définies précisément dans les études ultérieures mais une protection au moyen d'une bâche, apparaît déjà comme étant une mesure adéquate.

Pour ce qui concerne l'impact hydraulique, ce sera à voir dans une phase ultérieure des études. A ce stade, il est important de prévoir la mise en place de l'étalement hors période de crue (fonte des neiges).

Cet étalement est pris en compte dans le coût des travaux.



7.2. Détermination du coût et de la durée des réparations



7.2.1. Durée des travaux de réparation

Le tableau ci-dessous présente l'estimation des travaux de réparation de l'ouvrage y inclus la mise en place d'un ouvrage provisoire. Cette estimation comprend également les travaux de mise en place d'un dispositif H2.





Comme démontré plus haut, les travaux de réparation nécessitent la mise en place d'un ouvrage provisoire.


Pour la solution de travaux réparation de l'ouvrage en travaillant par demi-chaussée par alternat, l'estimation de cette solution inclut une provision de 200 k€ pour aléas.

Sur la base des conditions économiques en vigueur au mois de Novembre 2021 (y compris une marge de 10 %), les travaux sont estimés à :

-  1 095 688 € TTC avec recours à un pont provisoire ;
-  783 827 € TTC sans recours à un pont provisoire ;


A noter que ces coûts s'entendent hors :

-  Réseaux ;
-  Dépollution ;
-  Aléas géotechniques ;
-  Aléas fondations.


	Direction interdépartementale des routes méditerranée PONT DE FONTAINE CRETET Etape 2a : Solution réparation de l'ouvrage - Rapport de réparation	Juillet 2021 Indice C – V1 MD / LT
---	---	---

Solution 1 : travaux avec recours à un pont provisoire

N°	DÉSIGNATION DES TRAVAUX	UNITÉ	QUANTITÉ	PRIX UNITAIRE	PRIX TOTAL
A	Prix Généraux				
A.1	Installations				
A.1.1	Base vie, zones de stockage, accès et pistes de chantier	ft	1	100 000 €	100 000 €
A.1.2	Signalisations	ft	1	10 000 €	10 000 €
A.1.3	Echafaudage + étalement sous le tablier de l'ouvrage	ft	1	40 000 €	40 000 €
A.2	Etudes d'exécution				
A.2.1	Etudes d'exécution	ft	1	25 000 €	25 000 €
A.2.2	Méthodes d'exécution	ft	1	5 000 €	5 000 €
A.3	Collecte, évacuation et traçabilité des déchets	ft	1	5 000 €	5 000 €
	Sous-total série A				185 000 €
B	Ouvrage provisoire				
B.1	Préparation - Pistes d'accès				
B.1.1	Terrassement en déblais avec stockage sur site	m³	360	25 €	9 000 €
B.1.2	Mise en œuvre en remblais des déblais initiaux	m³	390	35 €	13 650 €
B.1.3	Chaussée	m²	1000	200 €	200 000 €
B.1.4	Paroi clouée	m²	100	1 000 €	100 000 €
B.2	Culées				
B.2.1	Coffrage ordinaires - parties non visibles	m²	125	60 €	7 500 €
B.2.2	Armatures béton armé	kg	9750	2 €	15 600 €
B.2.3	Béton de propreté	m²	53	25 €	1 320 €
B.2.4	Béton traditionnels	m³	75	250 €	18 750 €
B.2.5	Appareils d'appui	U	4	1 000 €	4 000 €
B.3	Ouvrages provisoires				
B.3.1	Indemnité de mise à disposition	j	150	100 €	15 000 €
B.3.2	Élaboration du dossier d'études	ft	1	970 €	970 €
B.3.3	Montage et démontage	j	2	2 200 €	4 400 €
B.3.4	Grue 120 tonnes avec chauffeur (capacité à confirmer selon étude de levage) sur 1 jour, pour le montage ainsi que pour le démontage	j	2	4 900 €	9 800 €
B.4	Démolition des culées et remise en état				
B.4.1	Démolition des Culées	ft	1	15 000 €	15 000 €
B.4.2	Remise en état des talus	ft	1	30 000 €	30 000 €
	Sous-total série B				444 990 €
C	Réparations du tablier				
C.1	Longrine	ft	1	5 000 €	5 000 €
C.2	Décapage de la chaussée et de l'étanchéité	m²	110	20 €	2 200 €
C.3	Purge de béton	m²	308	150 €	46 200 €
C.4	Aciers inox de renfort	kg	6000	6 €	36 000 €
C.5	Coffrage étanche	m²	308	100 €	30 800 €
C.6	Injection de microbéton	m³	31	1 000 €	30 800 €
	Sous-total série C				151 000 €
D	Réparations des culées				
D.1	Purge de béton	m²	50	150 €	7 500 €
D.2	Resconstitution de l'enrobage	m³	6	200 €	1 210 €
D.3	Remise en état du dispositif de drainage	ft	2	500 €	1 000 €
D.4	Remplacement des plaques d'ancrage	u	5	1 000 €	5 000 €
	Sous-total série D				14 710 €
E	Equipements de l'ouvrage				
E.1	Etanchéité du tablier	m²	110	80 €	8 800 €
E.2	Chaussée	t	21	180 €	3 802 €
E.3	Béton de remplissage	m³	3	120 €	345 €
E.4	Fourniture et pose des corniches	ml	21	300 €	6 300 €
E.5	Fourniture et pose GBA	ml	21	250 €	5 250 €
E.6	Fourniture et pose du Garde-corps	ml	21	250 €	5 250 €
	Sous-total série E				29 747 €


	Direction interdépartementale des routes méditerranée PONT DE FONTAINE CRETET Etape 2a : Solution réparation de l'ouvrage - Rapport de réparation	Juillet 2021 Indice C – V1 MD / LT
---	---	---

F	Travaux de mise en place d'un dispositif de retenue de type H2				
F.1	Démolition des rives du tablier yc évacuation et tri des déchets	ft	1	10 000 €	10 000 €
F.2	Béton pour reconstruction des rives du tablier yc longrine pour dispositif H2	m3	20	300 €	6 000 €
F.3	Armature de béton armé pour reconstruction des rive du tablier yc longrine pour dispositif H2	kg	3600	2 €	7 200 €
F.4	Fourniture et pose de dispositifs H2 (GBA + GC déjà comptés dans la série E)	ml	21	PM	PM
	Sous-total série F				23 200 €
A	Prix Généraux			SOUS-TOTAL H.T. DE LA SERIE A	185 000 €
B	Ouvrage provisoire			SOUS-TOTAL H.T. DE LA SERIE B	444 990 €
C	Réparations du tablier			SOUS-TOTAL H.T. DE LA SERIE C	151 000 €
D	Réparations des culées			SOUS-TOTAL H.T. DE LA SERIE D	14 710 €
E	Equipements de l'ouvrage			SOUS-TOTAL H.T. DE LA SERIE E	29 747 €
F	Travaux de mise en place d'un dispositif de retenue de type H2			SOUS-TOTAL H.T. DE LA SERIE F	23 200 €
				TOTAL H.T.	848 647 €
				MARGE (10%)	84 865 €
				T.V.A.	186 702 €
				TOTAL T.T.C	1 120 214 €

	Direction interdépartementale des routes méditerranée PONT DE FONTAINE CRETET Etape 2a : Solution réparation de l'ouvrage - Rapport de réparation	Juillet 2021 Indice C – V1 MD / LT
---	---	---



Solution 1bis : travaux sans recours à un pont provisoire


N°	DÉSIGNATION DES TRAVAUX	UNITÉ	QUANTITÉS	PRIX UNITAIRE	PRIX TOTAL
A	Prix Généraux				
A.1	Installations				
A.1.1	Base vie, zones de stockage, accès et pistes de chantier	ft	1	90 000 €	90 000 €
A.1.2	Signalisations	ft	1	10 000 €	10 000 €
A.1.3	Echafaudage + étalement sous le tablier de l'ouvrage	ft	1	40 000 €	40 000 €
A.2	Etudes d'exécution				
A.2.1	Etudes d'exécution	ft	1	25 000 €	25 000 €
A.2.2	Méthodes d'exécution	ft	1	5 000 €	5 000 €
A.3	Collecte, évacuation et traçabilité des déchets	ft	1	5 000 €	5 000 €
	Sous-total série A				175 000 €
B	Réparations du tablier				
B.1	Longrine	ft	1	5 000 €	5 000 €
B.2	Décapage de la chaussée et de l'étanchéité	m²	110	20 €	2 200 €
B.3	Purge de béton	m²	308	150 €	46 200 €
B.4	Aciers inox de renfort	kg	6000	6 €	36 000 €
B.5	Coffrage étanche	m²	308	100 €	30 800 €
B.6	Injection de microbéton	m³	31	1 000 €	30 800 €
	Sous-total série B				151 000 €
C	Réparations des culées				
C.1	Purge de béton	m²	50	150 €	7 500 €
C.2	Resconstitution de l'enrobage	m³	6	200 €	1 210 €
C.3	Remise en état du dispositif de drainage	ft	2	500 €	1 000 €
C.4	Remplacement des plaques d'ancrage	u	5	1 000 €	5 000 €
	Sous-total série C				14 710 €
D	Equipements de l'ouvrage				
D.1	Etanchéité du tablier	m²	110	80 €	8 800 €
D.2	Chaussée	t	21	180 €	3 802 €
D.3	Béton de remplissage	m³	3	120 €	345 €
D.4	Fourniture et pose des corniches	ml	21	300 €	6 300 €
D.5	Fourniture et pose GBA	ml	21	250 €	5 250 €
D.6	Fourniture et pose du Garde-corps	ml	21	250 €	5 250 €
	Sous-total série D				29 747 €
E	Travaux de mise en place d'un dispositif de retenue de type H2				
E.1	Démolition des rives du tablier yc évacuation et tri des déchets	ft	1	10 000 €	10 000 €
E.2	Béton pour reconstruction des rives du tablier yc longrine pour dispositif H2	m3	20	300 €	6 000 €
E.3	Armature de béton armé pour reconstruction des rive du tablier yc longrine pour dispositif H2	kg	3600	2 €	7 200 €
E.4	Fourniture et pose de dispositifs H2 (GBA + GC déjà comptés dans la série E)	ml	21	PM	PM
	Sous-total série E				23 200 €
F	Provision pour risque				
F.1	Provision pour aléas	ft	1	200 000 €	200 000 €
	Sous-total série F				200 000 €
A	Prix Généraux				SOUS-TOTAL H.T. DE LA SERIE A 175 000 €
B	Réparations du tablier				SOUS-TOTAL H.T. DE LA SERIE B 151 000 €
C	Réparations des culées				SOUS-TOTAL H.T. DE LA SERIE C 14 710 €
D	Equipements de l'ouvrage				SOUS-TOTAL H.T. DE LA SERIE D 29 747 €
E	Travaux de mise en place d'un dispositif de retenue de type H2				SOUS-TOTAL H.T. DE LA SERIE E 23 200 €
F	Provision pour risque				SOUS-TOTAL H.T. DE LA SERIE F 200 000 €
					TOTAL H.T. 593 657 €
					MARGE (10%) 59 366 €
					T.V.A. 130 604 €
					TOTAL T.T.C 783 627 €

	<p>Direction interdépartementale des routes méditerranée</p> <p>PONT DE FONTAINE CRETET</p> <p>Etape 2a : Solution réparation de l'ouvrage - Rapport de réparation</p>	<p>Juillet 2021</p> <p>Indice C – V1</p> <p>MD / LT</p>
---	--	--

7.2.2. Durée des travaux de réparation

La durée des travaux est estimée à :

-  Solution 1 : 6 mois dont 2 mois de période de préparation y compris les travaux liés à la pose de l'ouvrage provisoire.
-  Solution 1bis : 7 mois dont 2 mois de période de préparation.

	Direction interdépartementale des routes méditerranée PONT DE FONTAINE CRETET Etape 2a : Solution réparation de l'ouvrage - Rapport de réparation	Juillet 2021 Indice C – V1 MD / LT
---	---	---

8. DELAIS D'INSTRUCTION RELATIFS AUX PROCEDURES ENVIRONNEMENTALES

8.1. Etude d'impact (évaluation environnementale) et concertation publique

8.1.1. Délai relatif à l'examen au cas par cas

L'Autorité environnementale saisie dans le cadre de la demande d'examen au cas par cas dispose de 35 jours pour émettre son avis à compter de la date de dépôt du dossier (sous réserve que ce dernier soit complet, à noter qu'elle peut formuler une demande de complément dans les 15 jours suivants ce dépôt).

En l'absence de retour de l'Autorité environnementale dans ce délai réglementaire, le projet est obligatoirement soumis à évaluation environnementale.

8.1.2. Délai relatif à l'évaluation environnementale

L'évaluation environnementale (étude d'impact) entraîne l'ouverture d'une enquête publique au titre du Code de l'environnement.

Si le projet est soumis à autorisation environnementale, l'étude d'impact est incluse dans l'autorisation. La procédure se déroule sur une durée d'environ un an.

Si le projet n'est pas soumis à autorisation environnementale, l'enquête publique aboutira à une déclaration de projet. Il faut alors compter 3 mois d'instruction de l'étude d'impact par l'Autorité environnementale (CGEDD), ainsi que la durée de mise à disposition de l'étude au public et la durée de l'enquête publique. La procédure peut se dérouler sur 8 à 12 mois (en moyenne).

8.1.3. Délai relatif à la concertation publique au titre du Code de l'environnement

L'article L.121-16 du Code de l'environnement fixe les conditions minimales devant être respectées concernant la concertation publique :

« La concertation préalable est d'une durée minimale de quinze jours et d'une durée maximale de trois mois. Quinze jours avant le début de la concertation, le public est informé des modalités et de la durée de la concertation par voie dématérialisée et par voie d'affichage sur le ou les lieux concernés par la concertation ainsi que, selon l'importance et la nature du projet, par voie de publication locale. Le bilan de cette concertation est rendu public. Le maître d'ouvrage ou la personne publique responsable indique les mesures qu'il juge nécessaire de mettre en place pour répondre aux enseignements qu'il tire de la concertation ».

8.2. Procédure Loi sur l'eau

La procédure de déclaration se déroule sur 2 mois à compter de la complétude du dossier transmis à l'autorité instructrice (celle-ci dispose de 15 jours pour confirmer la complétude du dossier).

La procédure d'autorisation se déroule quant à elle sur un an.

8.3. Dérogation aux mesures de protection de la faune et de la flore sauvage et de leurs habitats

La procédure de dérogation se déroule sur une durée comprise entre 6 mois et un an suivant les enjeux du projet (recherche de sites de compensation...).

8.4. Déclaration d'utilité publique

La procédure de DUP, comprenant l'enquête publique, se déroule sur une durée d'environ 12 mois.

9. ANNEXE 1 - JUSTIFICATION DES RENFORTS

9.1. Hypothèses de calcul

9.1.1. Matériaux

9.1.1.1. Béton

9.1.1.1.1. Choix de la classe de résistance du béton

Le choix de la classe de résistance du béton se fait selon la norme NF EN 206 et son complément national NF EN 206/CN selon la classe d'exposition de l'ouvrage.

Tableau F.1 — Recommandations relatives aux valeurs limites pour la composition et les propriétés du béton

	Classes d'exposition																	
	Aucun risque de corrosion ni d'attaque	Corrosion par carbonatation				Corrosion par les chlorures						Attaque par le gel-dégel				Environnements chimiques agressifs		
						Eau de mer			Chlorures autres que ceux de l'eau de mer									
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2
e/c maximal ^c	–	0,65	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,45	0,55	0,55	0,45	0,55	0,55	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45
Classe de résistance minimale	C12/15	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45	C30/37	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45
Teneur minimale en ciment ^c (kg/m ³)	–	260	280	280	300	300	320	340	300	300	320	300	300	320	340	300	320	360
Teneur minimale en air (%)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4,0 ^a	4,0 ^a	4,0 ^a	–	–	–
Autres exigences	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	Granulats selon l'EN 12620, présentant une résistance au gel- dégel suffisante				–	Ciment résistant aux sulfates ^b	

^a Lorsque le béton ne contient pas d'air entraîné volontairement, il convient de soumettre à essai la performance du béton selon une méthode d'essai appropriée et de la comparer à un béton pour lequel la résistance au gel-dégel pour la classe d'exposition concernée est établie.

^b Lorsque la présence de sulfates conduit à des classes d'exposition XA2 et XA3, il est essentiel d'utiliser un ciment résistant aux sulfates conforme à l'EN 197-1 ou à des normes nationales complémentaires.

^c Lorsque le concept de coefficient *k* est appliqué, le rapport maximal e/c et la teneur minimale en ciment sont modifiés conformément à 5.2.5.2.

La classe de résistance minimale pour notre ouvrage est donc : C35/45 avec une teneur minimale en ciment de 340 kg/m³.

9.1.1.1.2. Calcul des enrobages des aciers passifs

Pour chaque partie d'ouvrage, nous pouvons calculer les enrobages minimaux c_{nom} défini par l'article 4.4.1 de l'EN 1992-1-1 et EN 1992-2 et leurs annexes nationales selon la procédure suivante :

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} ;$$

$$c_{min} = \max \{c_{min, b} ; c_{min, dur} ; 10 \text{ mm}\} \text{ avec :}$$

- $c_{min, b}$, l'enrobage minimal vis-à-vis des exigences d'adhérence,
- $c_{min, dur}$, l'enrobage minimal vis-à-vis des conditions d'environnement.

9.1.1.1.2.1. Enrobage minimal vis-à-vis de l'adhérence $c_{min, b}$

Nous retenons :

- ✚ Diamètre du plus gros granulat inférieur à 32 mm ;
- ✚ Armatures individuelles.

Le tableau 4.2. du § 4.4.1.2 de l'EC2-1-1 donne alors la valeur à retenir :

$c_{min, b} = \emptyset$.

9.1.1.1.2.2. Enrobage minimal vis-à-vis de la durabilité

$c_{min, dur}$ est l'enrobage minimum nécessaire pour garantir la protection des armatures en acier contre la corrosion. Il dépend de la classe structurale S_k et des classes d'exposition des éléments de la structure :

$c_{dur, s}$ Classe liée à la structure	Classe d'exposition						
	XO	XC1	XC2 XC3	XC4	XD1 XS1	XD2 XS2	XD3 XS3
S1	0	0	0	0	0	0	0
S2	0	0	0	0	0	0	5
S3	0	0	0	0	0	5	10
S4	0	0	0	0	5	10	15
S5	0	0	0	5	10	15	20
S6	0	0	5	10	15	20	25

Parties d'ouvrage	$c_{min, dur}$ (mm)
Extrados tablier	0
Intrados tablier	10

9.1.1.1.2.3. Enrobage minimal c_{min}

(mm)	$c_{min, b}$	$c_{min, dur}$	c_{min}
Extrados tablier	\emptyset	0	\emptyset
Intrados tablier	\emptyset	10	\emptyset

9.1.1.1.2.4. Tolérances d'exécution

La valeur de base recommandée pour Δc_{dev} égale à 10 mm. Nous retenons cette valeur pour les semelles, les dalles de transition et le tablier de l'ouvrage.

Cependant, nous pourrions réduire cette valeur de base, telle que l'autorise l'annexe nationale, à 5 mm sous réserve de la présence d'un système d'assurance qualité incluant une surveillance avec mesure de l'enrobage. Nous utiliserons cette clause à chaque fois que ça permettra d'avoir une valeur d'enrobage uniforme.


9.1.1.1.2.5. Enrobage nominal pour les aciers passifs

Nous obtenons l'enrobage nominal en ajoutant l'écart d'exécution à l'enrobage minimal.

(mm)	c_{min}	Δc_{dev}	c_{nom}
Extrados tablier	\emptyset	10	$\emptyset+10$
Intrados tablier	\emptyset	10	$\emptyset+10$

Suivant les remarques du CEREMA, nous ne réduisons pas les enrobages et garderons les enrobages classiques, soit :

Calcul des enrobages selon l'EN 1992-1-1/NA et l'EN 206-1							
Données							
Classe de résistance	C35/45						
Classes d'exposition en fonction des conditions d'environnement							
Désignation de la classe							
1. Aucun risque de corrosion ni d'attaque				XC4		Annexe Nationale	
2. Corrosion par carbonatation							
3. Corrosion par les chlorures							
4. Corrosion par les chlorures présents dans l'eau de mer							
5. Attaque gel/dégel				XF3		XC4	
6. Attaques chimiques							
Type d'armatures	passives (BA)						
Durée d'utilisation du projet	100 ans						
Enrobage compact	non						
Nature du liant à base de CEM I sans cendres volantes				non			
Type de salage (cf. Recommandations GEL 2003)				peu fréquent			
Éléments très exposés (corniches, longrines d'ancrage...)				non			
Béton formulé avec entraîneur d'air				non			
Classe structurale recommandée							
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1/XS1/XA1	XD2/XS2/XA2	XD3/XS3/XA3
Durée de vie	2	2	2	2	2	2	2
Classe résist.	-1	-1	-1	-1	0	0	0
Enrob. compact	0	0	0	0	0	0	0
Nature liant	0	0	0	0	0	0	0
Classe	s.o.	s.o.	s.o.	S5	s.o.	s.o.	s.o.
Enrobage minimal structural				35 mm			
Δc_{dev}				5 mm			
Enrobage retenu				40 mm			

	Direction interdépartementale des routes méditerranée PONT DE FONTAINE CRETET Etape 2a : Solution réparation de l'ouvrage - Rapport de réparation	Juillet 2021 Indice C – V1 MD / LT
---	---	---

9.1.1.1.3. Valeur limite d'ouverture de fissure

Dans le cas d'utilisation d'armature inox, des fissures plus larges sont acceptables compte tenu de l'inertie des armatures inox face aux diverses agressions. La valeur limite d'ouverture de fissure que nous préconisons est de 0,40 mm pour les classes XO et XC1 et de 0,35 pour les autres classes d'exposition.

Classe d'exposition	Valeur limite recommandée d'ouverture de fissure (mm)	
	Armature acier	Armature inox
XO, XC1	0,4	0,4
XC2, XC3, XC4 XD1, XD2 XS1, XS2, XS3	0,3	0,35

9.1.1.2. Aciers inoxydables

9.1.1.2.1. Type de nuances à utiliser en fonction des classes d'exposition

Classe d'exposition		Type de nuances	
		Duplex	Austénitiques
XO	Aucun risque de corrosion ou d'attaque		
XC1 à XC4	Corrosion induite par carbonatation	4 062	304
XD1 et XD2 XD3	Corrosion induite par les chlorures ayant une origine autre que marine	4 062 4 362	304 316
XS1 XS2 et XS3	Corrosion induite par les chlorures présents dans l'eau de mer	4 362 4 462	316 –
XF1 et XF2 XF3 et XF4	Attaques gel/dégel avec ou sans agent de déverglaçage	4 362 4 462	316 –
XA1 XA2 et XA3	Attaques chimiques	4 362 4 462	316 –

9.1.1.2.2. Coefficient de dilatation thermique

Nuance	Coefficient de dilatation thermique 10^{-6} K^{-1} (20 à 100°C)
1.4062	13
1.4301	16
1.4311	16
1.4401	16
1.4429	16
1.4436	16
1.4362	13
1.4462	13
1.4571	16
Aciers au carbone	12

9.1.1.2.3. Caractéristiques mécaniques en traction

Classe technique	Limite apparente d'élasticité, R_e MPa	Rapport R_m/R_e		Allongement total pour cent à la force maximale, A_{gt} %
		min.	max.	
B500A	500	1,05	-	2,5
B650A	650	1,05	-	2,5
B750A	750	1,05	-	2,5
B500B	500	1,08	-	5,0
B650B	650	1,08	-	5,0
B750B	750	1,08	-	5,0
B500C	500	1,15	1,35	7,5
B650C	650	1,15	1,35	7,5

9.1.2. Charges appliquées à l'ouvrage

9.1.2.1. Charges permanentes

Nous retenons pour le recalcul de l'ouvrage une densité de béton armé de 2,5 t/m³, valeur qui a vraisemblablement été prise en compte à cette époque, sans majoration particulière a priori.

9.1.2.2. Superstructures

Les actions dues au poids propre des équipements fixes de toute nature sont prises en compte avec leur valeur caractéristique maximale ou minimale évaluée en se conformant aux dispositions des Directives Communes. On prendra en compte les équipements suivants :

⇒ Étanchéité

Le poids est évalué en adoptant une chape de 3 cm d'épaisseur de 24 kN/m³ de masse volumique. Les variations de poids à prendre en compte seront de + 20 %.

⇒ Chaussée

Le poids est évalué par mètre ;

L'épaisseur nominale du béton bitumineux est prise égale à 8.0 cm et la masse volumique à 24 kN/m³. Les variations de poids à prendre en compte seront de + 40 et - 20 %.

⇒ Dispositif de retenue GBA

Nous retenons pour le recalcul de l'ouvrage une masse de 620 kg/ml. Les variations de poids à prendre en compte seront de + 5 et - 5 %.

⇒ Garde-corps


Nous retenons pour le recalcul de l'ouvrage un poids de 0.25 kN/ml. Les variations de poids à prendre en compte seront de + 5 et - 5 %.

9.1.2.3. Surcharges routières

L'ouvrage est de classe 2 au sens de l'EC1-2. Les surcharges d'exploitation retenues sont :



9.1.2.3.1. Surcharge LM1

Ce modèle de chargement repose sur un découpage de la chaussée en voies conventionnelles de largeur généralement fixe. La largeur de chaussée qui n'est pas occupée par les voies est appelée aire résiduelle. Les

	Direction interdépartementale des routes méditerranée PONT DE FONTAINE CRETET Etape 2a : Solution réparation de l'ouvrage - Rapport de réparation	Juillet 2021 Indice C – V1 MD / LT
---	---	---

voies sont numérotées, la voie 1 étant la voie dont le chargement cause l'effet le plus défavorable. La position des voies peut donc varier en fonction de l'effet étudié.

Ce modèle de chargement est constitué de 2 systèmes partiels (NF EN 1991-2 - 4.3.2) :

-  Des charges uniformes réparties Q_{UDL} avec la densité de poids au mètre carré, à charger par ligne d'influence, avec des coefficients d'ajustement fonction de la classe du pont et de la voie chargée.
-  Des charges concentrées à double essieu (tandems) Q_{TS} espacés longitudinalement de 1.2m, chaque essieu ayant un poids $\alpha_{Q_{Qk}}$ avec α_Q des coefficients d'ajustement fonction de la classe du pont et de la voie chargée.

9.1.2.3.2. Convois exceptionnels







Sans objet.

9.1.2.3.3. Convois militaires

Sans objet.

9.1.3. Combinaisons d'actions





9.1.3.1. Rappel des notations adoptées

-  $G_{k, sup}$: effet défavorable du poids propre et des superstructures, considérés avec leur valeur caractéristique supérieure ;
-  $G_{k, inf}$: effet favorable du poids propre et des superstructures, considérés avec leur valeur caractéristique inférieure ;
-  g_{r-c} : effet des groupes de charges $gr1a$, $gr1b$ ou $gr5$ considérés avec leur valeur caractéristique ;
-  g_{r-fq} : effet des groupes de charges $gr1a$, $gr1b$ ou $gr5$ considérés avec leur valeur fréquente ;
-  g_{r-a} : effet des groupes de charges $gr1a$, $gr1b$ ou $gr5$ considérés avec leur valeur d'accompagnement ;
-  Q_c : effet des charges de construction.

9.1.3.2. Combinaisons d'actions à l'état limite de service





9.1.3.2.1. En service, combinaisons caractéristiques

Nous considérons les combinaisons d'actions suivantes :

-  $G_{k, sup} ; G_{k, inf} + gr1a-c ;$
-  $G_{k, sup} ; G_{k, inf} + gr1b-c ;$
-  $G_{k, sup} ; G_{k, inf} + T_k + gr1a-a ;$
-  $G_{k, sup} ; G_{k, inf} + gr5-c.$

9.1.3.2.2. En service, combinaisons fréquentes

Nous considérons les combinaisons d'actions suivantes :

-  $G_{k, sup} ; G_{k, inf} + gr1a-fq ;$
-  $G_{k, sup} ; G_{k, inf} + gr1b-fq ;$
-  $G_{k, sup} ; G_{k, inf} ;$
-  $G_{k, sup} ; G_{k, inf} + gr5-fq.$

9.1.3.2.3. En service, combinaisons quasi permanentes

Nous considérons la combinaison d'actions suivante :

$$G_{k,sup} ; G_{k,inf}$$

9.1.3.3. Combinaisons d'actions à l'état limite ultime de résistance

Nous considérons les combinaisons d'actions suivantes :

$$1.35 G_{k,sup} ; G_{k,inf} + 1.35 gr1a-c ;$$

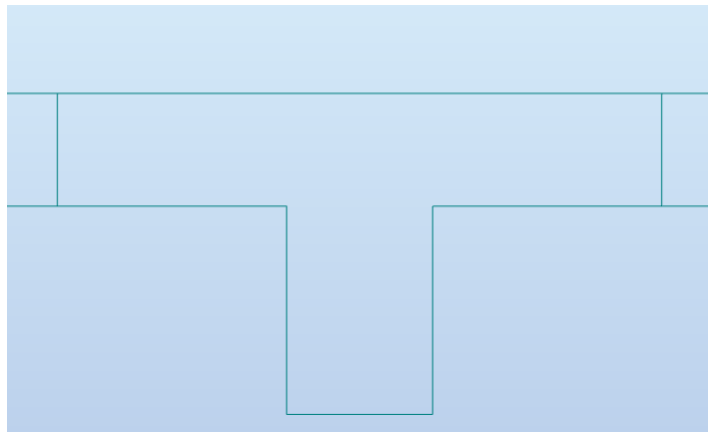
$$1.35 G_{k,sup} ; G_{k,inf} + 1.35 gr1b-c ;$$

$$1.35 G_{k,sup} ; G_{k,inf} + 1.35 gr5-c.$$

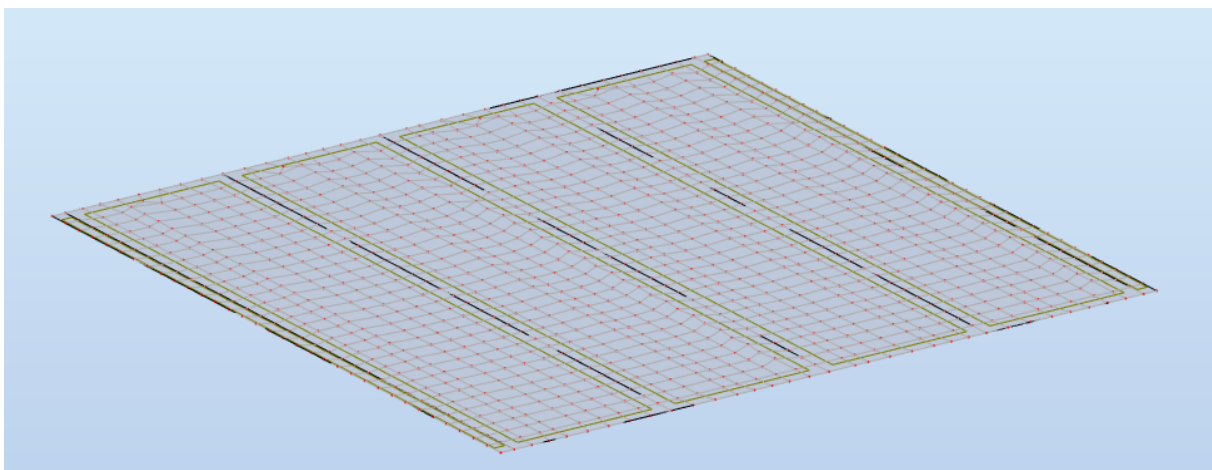
9.2. Résultats ROBOT

9.2.1. Modèle de calcul

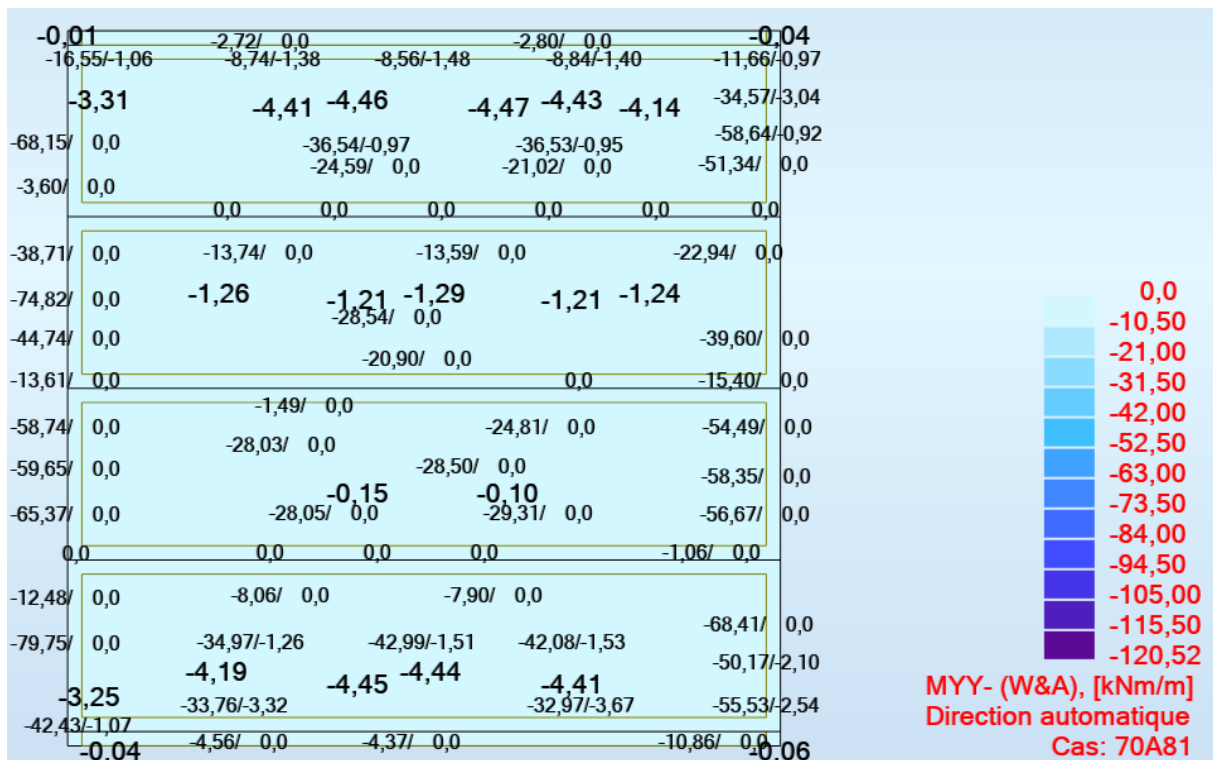
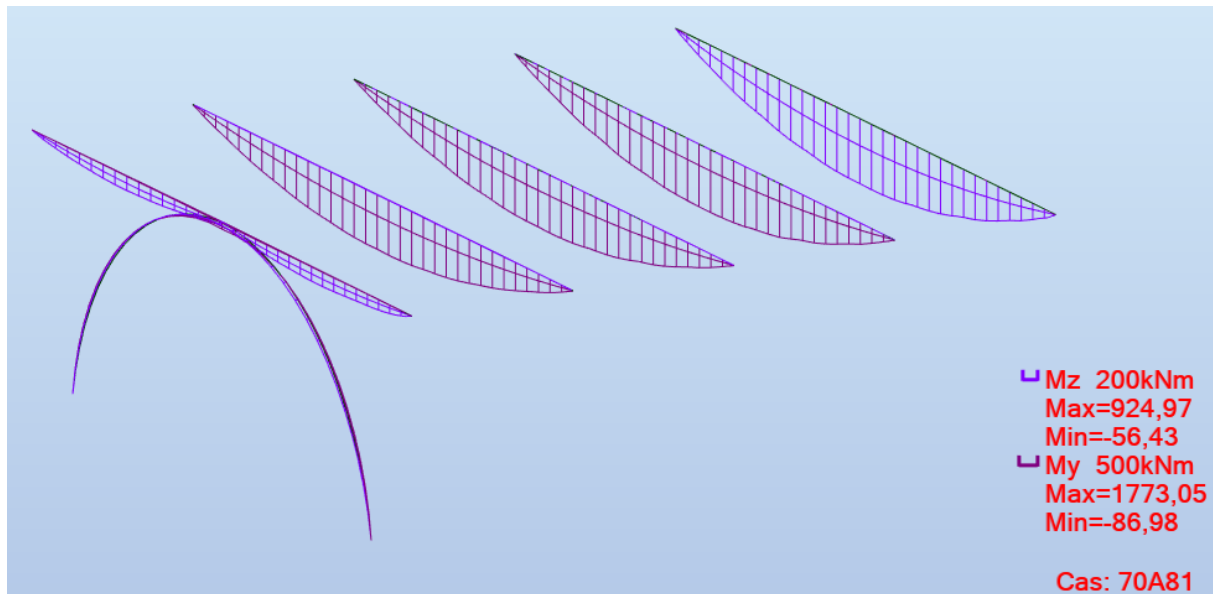
Deux modèles ont été réalisés. Le premier sert à calculer les moments dans le sens longitudinal en considérant des poutres en T adjacentes :



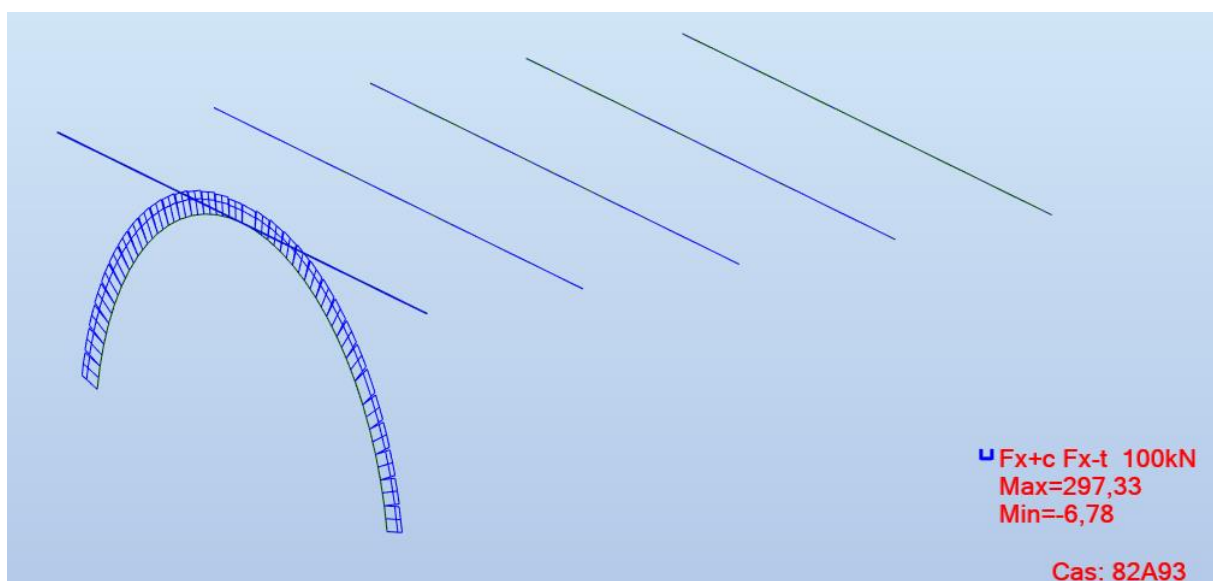
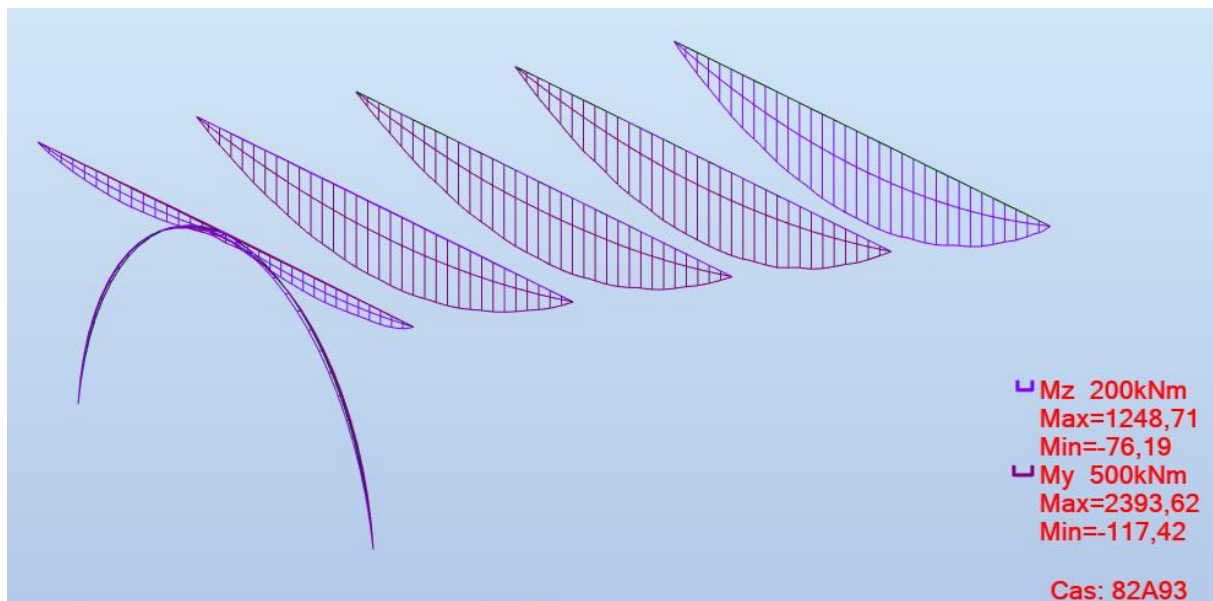
Le second sert à calculer les moments dans la dalle et consiste en une dalle continue appuyée sur des appuis linéiques au droit des poutres :

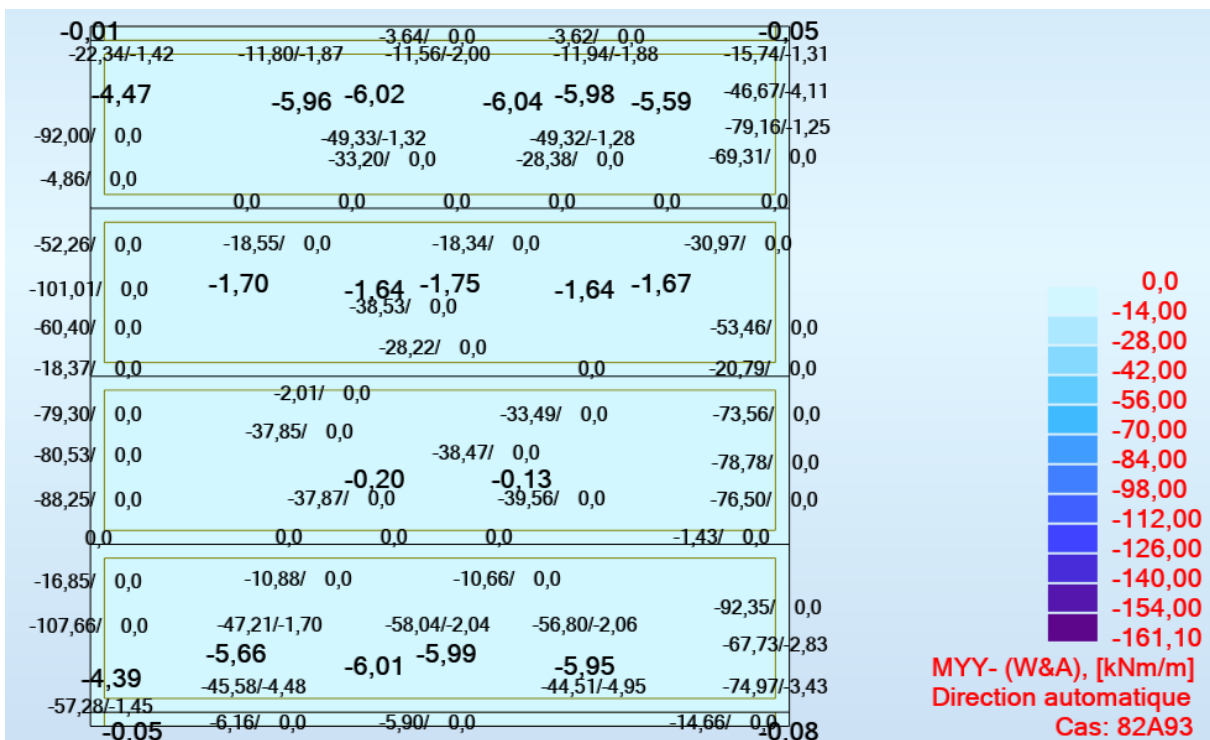
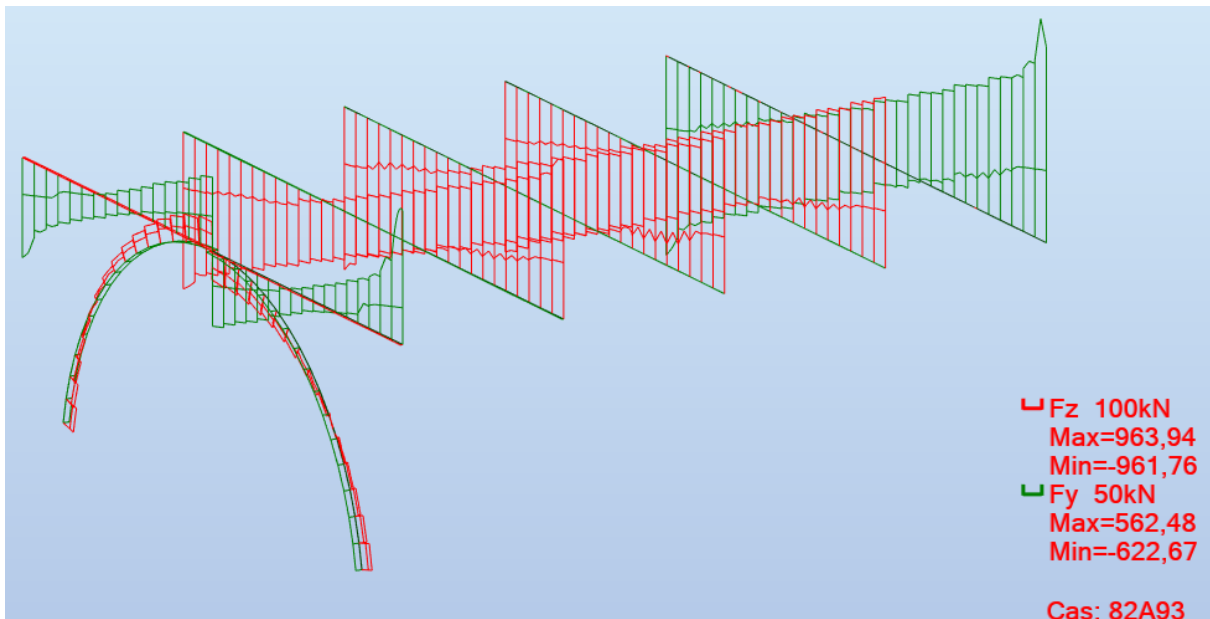


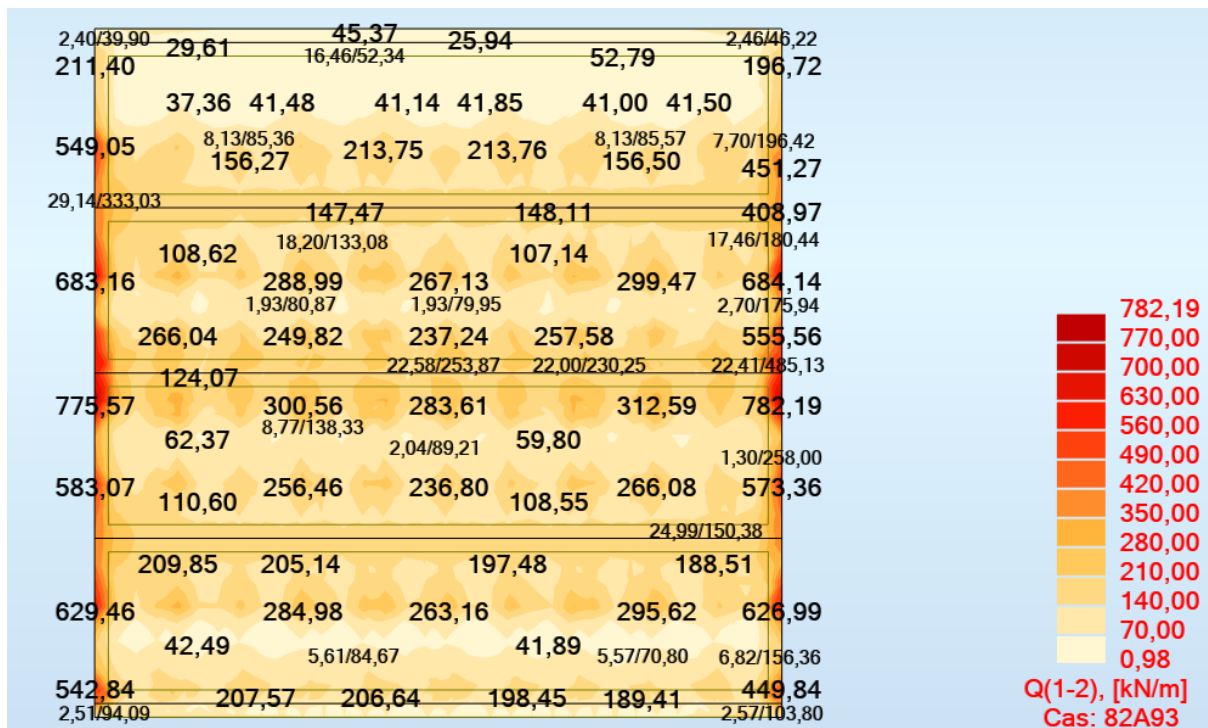
9.2.2. ELS



9.2.3. ELU





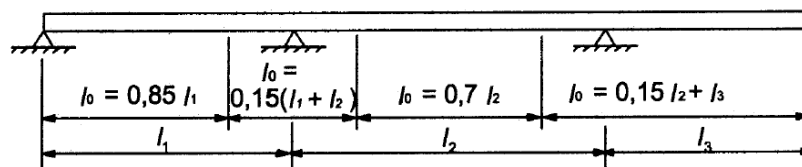


9.3. Ferrailage

La vérification est réalisée grâce au logiciel de calcul de sections FAGUS de la société CUBUS et elle consiste à comparer les sollicitations (couple d'effort (Ned ; Med)) appliquée à la section étudiée à la résistance de la section (couple (Nrd ; Mrd)) prenant en compte les armatures actives et passives présentes dans la section.

9.3.1. Calcul du ferrailage des poutres

Calcul de la largeur participante :



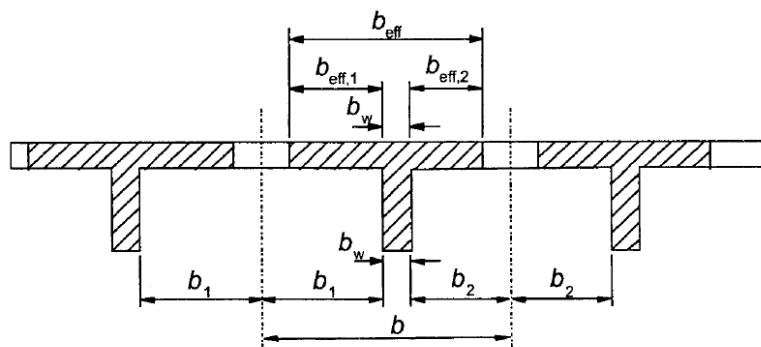
$$b_{\text{eff}} = \sum b_{\text{eff},i} + b_w \leq b$$

avec

$$b_{\text{eff},i} = 0,2 b_i + 0,1 l_0 \leq 0,2 l_0$$

et

$$b_{\text{eff},i} \leq b_i$$

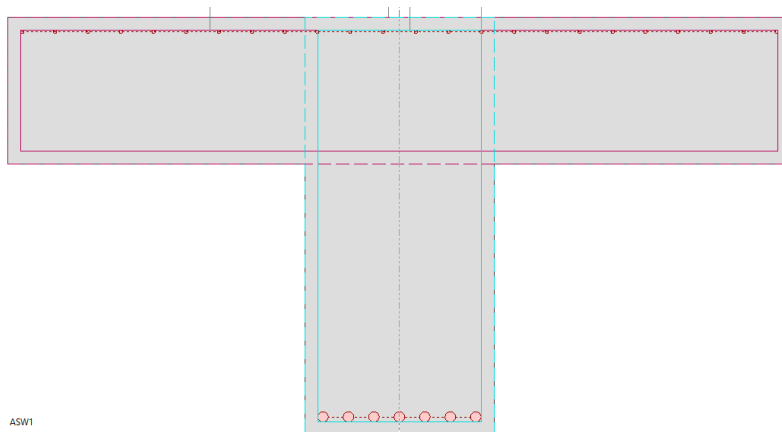


$$l_0 = 10\text{m}$$

$$b_i = 1.9/2 = 0.95 \text{ m}$$

$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},2} = 0,2 \times 0.95 + 0.1 \times 10 = 1.19 \text{ m} < 0.2 \times 10 = 2\text{m}.$$

$$b_{\text{eff}} = 2 \times 1.19 + 0.55 = 2.93 \text{ m} > 2.45 \text{ m} \rightarrow \text{on retient } 2.45 \text{ m}.$$



Charge ultime Section (Poutre): ST

Sollicitations / Taux d'exploitation: $\text{eff}(M,N)=0.9$ admissible

No	AP	P	N	Flexion et effort normal		$\text{eff}(M,N)$	V_y	Effort tranchant et torsion		Section complète	
				M_y	M_z			V_z	T	$\text{eff}(V,T)$	
			[kN]	[kNm]	[kNm]	[-]	[kN]	[kN]	[kNm]	[-]	[-]
1	!ELS		0	1773,0	-	0,90					

- : Calcul à la flexion simple autour de l'axe Y !


Paramètres d'analyse "!"ELS" Norme: Eurocode EN

ID	Diagramme σ - ϵ		Déf. limite			Facteurs de sécurité partielle				Divers	
	C	S	ϵ_{c2} [‰]	ϵ_{cu3} [‰]	ϵ_{ud} [‰]	σ_s [N/mm ²]	α_{cc} [-]	γ_c [-]	γ_s [-]	θ [-]	ϕ [-]
!ELS	1/0	1				300.	1.	1.	1.	45.	0.

θ : Inclinaison des bielles de compression du béton
 ϕ : Coefficient de fluage

Contraintes et dilatations extrêmes

Nom	Classe	y_q [m]	z_q [m]	ϵ [‰]	σ_d [N/mm ²]	γ [-]
T 1.00	C25/30	1.2	1.28	-0.3	-7.8	

	Direction interdépartementale des routes méditerranée PONT DE FONTAINE CRETET Etape 2a : Solution réparation de l'ouvrage - Rapport de réparation	Juillet 2021 Indice C – V1 MD / LT
---	---	---

T	C25/30	-0.29	0.	1.6	0.
1.00					
R2	B500B	-1.16	1.24	-0.2	-37.2
1.00					
R1	B500B	-0.23	0.06	1.5	300.
1.00					

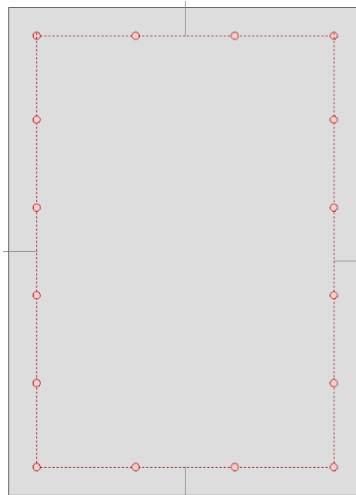
État limite "IELS"

Efforts intérieurs			Élongation et courbures			Rigidités		
N [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	ε _x [‰]	χ _y [km ⁻¹]	χ _z [km ⁻¹]	N/ε _x [kN]	M _y /χ _y [kNm ²]	M _z /χ _z [kNm ²]
-0.1	1969.5	0.	0,4	1,4	0	333.55	1377293.16	*
6483469.								

* : Rigidité tangentielle

La poutre est justifiée avec 7 barres HA32 ou équivalent en ne considérant aucune barre du ferrailage existant.

9.3.2. Calcul du ferrailage de la voûte



Charge ultime Section (Colonne): ST

Sollicitations / Taux d'exploitation: **eff(M,N)=0.04** admissible

No	AP	P	Flexion et effort normal			V _y	Effort tranchant et torsion		Section complète	
			N	M _y	M _z		V _z	T	eff(V,T)	
eff(M,N,V,T)			[kN]	[kNm]	[kNm]	[-]	[kN]	[kNm]	[-]	[-]
1	!ELU		-297,3	0	-	0,04				

- : Calcul à la flexion simple autour de l'axe Y !


Paramètres d'analyse "IELU" Norme: Eurocode EN

ID	Diagramme σ-ε		Déf. limite			Facteurs de sécurité partielle				Divers	
	C	S	ε _{c2} [‰]	ε _{cu3} [‰]	ε _{ud} [‰]	σ _s [N/mm ²]	α _{cc} [-]	γ _c [-]	γ _s [-]	θ [-]	φ [-]
!ELU	2/0	1	-2.	-3.5	20.		0.85	1.5	1.15	45.	0.

θ : Inclinaison des bielles de compression du béton
 φ : Coefficient de fluage

Contraintes et dilatations extrêmes

Nom	Classe	y _q [m]	z _q [m]	ε [‰]	σ _d [N/mm ²]	γ [-]
R	C25/30	-0.29	0.	-2.	-14.2	
1.76						

	Direction interdépartementale des routes méditerranée PONT DE FONTAINE CRETET Etape 2a : Solution réparation de l'ouvrage - Rapport de réparation	Juillet 2021 Indice C – V1 MD / LT
---	---	---

R1 B500B -0.24 0.05 -2. -400.
1.15

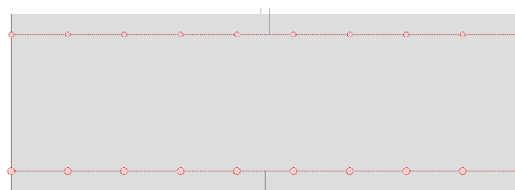
État limite "IELU"

Efforts intérieurs			Élongation et courbures			Rigidités		
N [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	ε _x [‰]	γ _y [km ⁻¹]	γ _z [km ⁻¹]	N/ε _x [kN]	M _y /γ _y [kNm ²]	M _z /γ _z [kNm ²]
-7271.4	0.	0.	-2,0	-0,0	0	3635685.33	7848.54	*
19617.02								

* : Rigidité tangentielle

La voûte est à ferrailer au minimum.

9.3.3. Calcul du ferrailage de la dalle



Charge ultime Section (Dalle): ST

Sollicitations / Taux d'exploitation: eff(M,N)=0.91 admissible

No	AP	P	N	Flexion et effort normal		eff(M,N)	V _y	Effort tranchant et torsion		Section complète
eff(M,N,V,T)			[kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	[-]	[kN]	V _z [kN]	T [kNm]	eff(V,T) [-]
1	!ELS		0	120,5	-	0,91				

- : Calcul à la flexion simple autour de l'axe Y !

Paramètres d'analyse "IELS" Norme: Eurocode EN

ID	Diagramme σ-ε		Déf. limite			Facteurs de sécurité partielle				Divers	
	C	S	ε _{c2} [‰]	ε _{cu3} [‰]	ε _{ud} [‰]	σ _s [N/mm ²]	α _{cc} [-]	γ _c [-]	γ _s [-]	θ [-]	φ [-]
!ELS	1/0	1				300.	1.	1.	1.	45.	0.

θ : Inclinaison des bielles de compression du béton

φ : Coefficient de fluage

Contraintes et dilatations extrêmes

Nom	Classe	y _q [m]	z _q [m]	ε [‰]	σ _d [N/mm ²]	γ [-]
RQS	C25/30	0.5	0.35	-0.4		-13.
1.00						
RQS	C25/30	-0.5	0.	1.7		0.
1.00						
TOP	B500B	-0.5	0.31	-0.2		-34.2
1.00						
BOTTOM	B500B	-0.5	0.04	1.5		300.
1.00						

État limite "IELS"

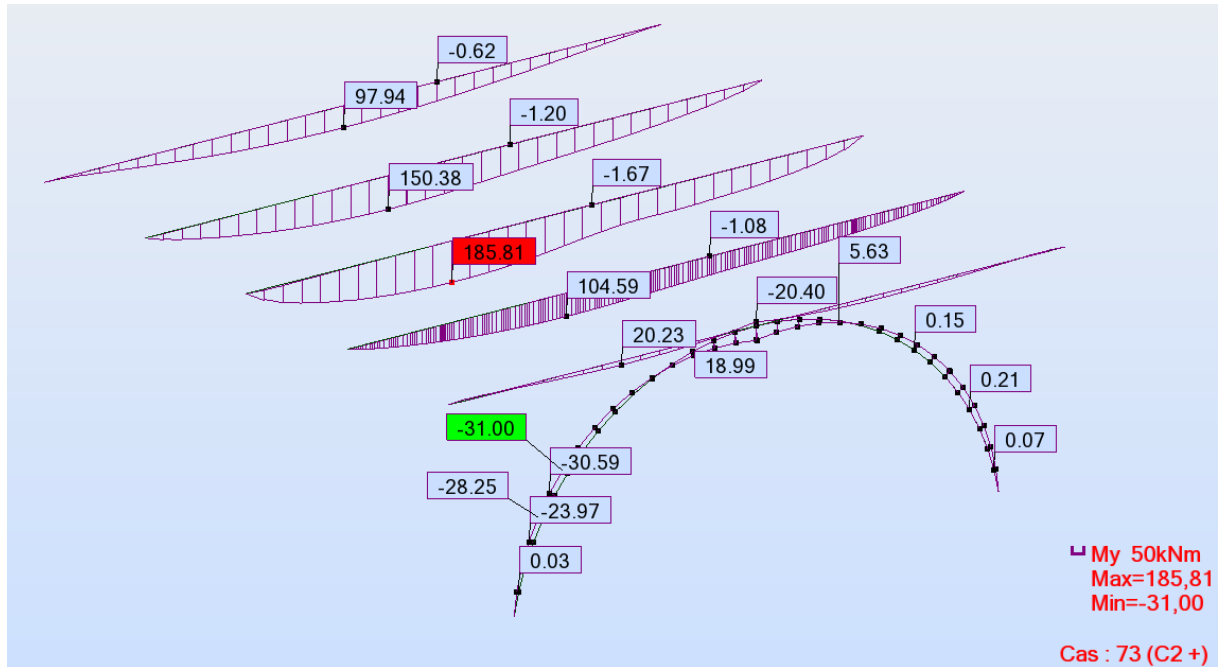
Efforts intérieurs			Élongation et courbures			Rigidités		
N [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	ε _x [‰]	γ _y [km ⁻¹]	γ _z [km ⁻¹]	N/ε _x [kN]	M _y /γ _y [kNm ²]	M _z /γ _z [kNm ²]
0.	132.4	0.	0,7	6,2	0	0.35	21383.34	*
226892.4								

* : Rigidité tangentielle

La dalle est justifiée avec des HA14 e100mm ou équivalent.

10. ANNEXE 2 - COMPARAISON DU CONVOI C2 AVEC LM1 DE L'EC1

❖ Sollicitations sous convoi C2

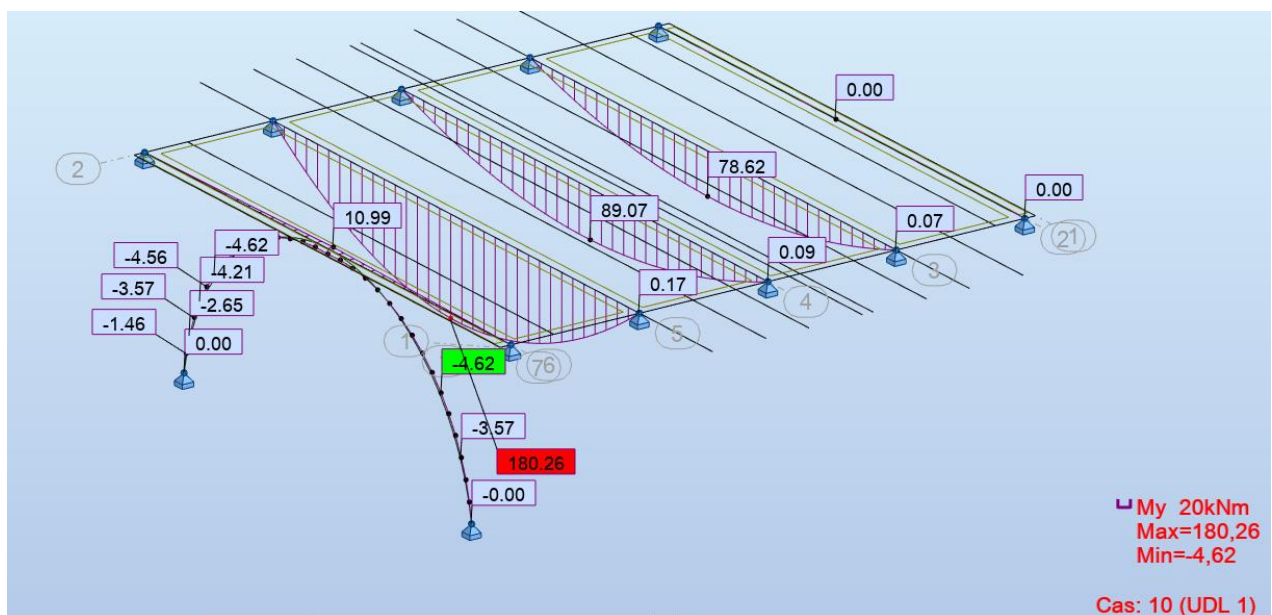


➔ Moment max = 186 kN.m

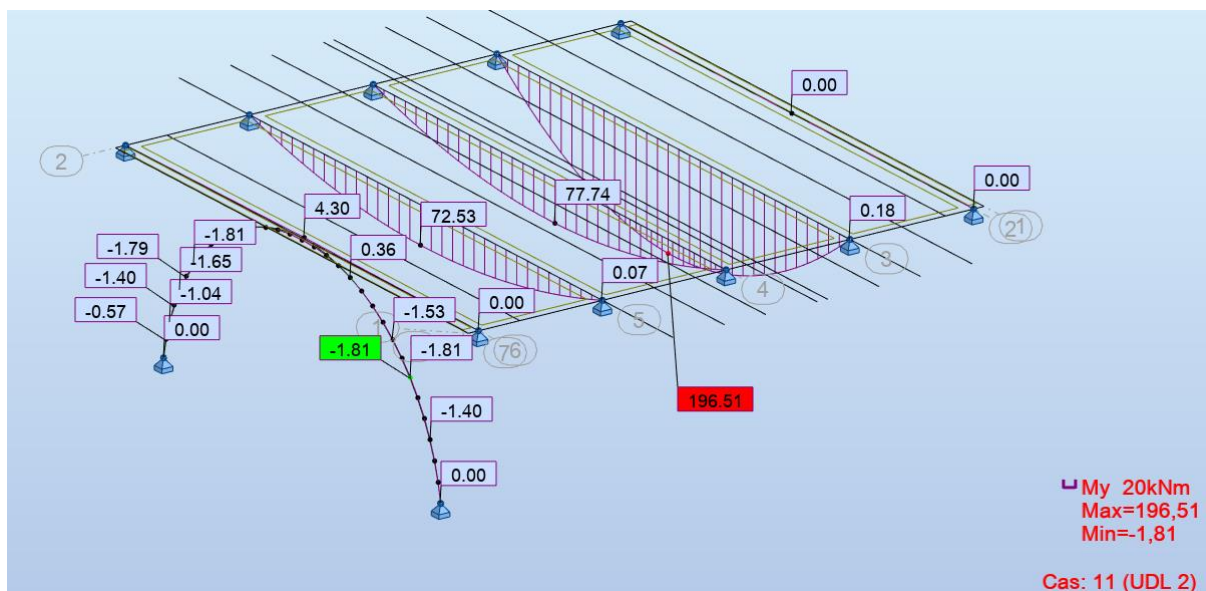
❖ Sollicitations sous LM1

UDL :

Voie 1 :

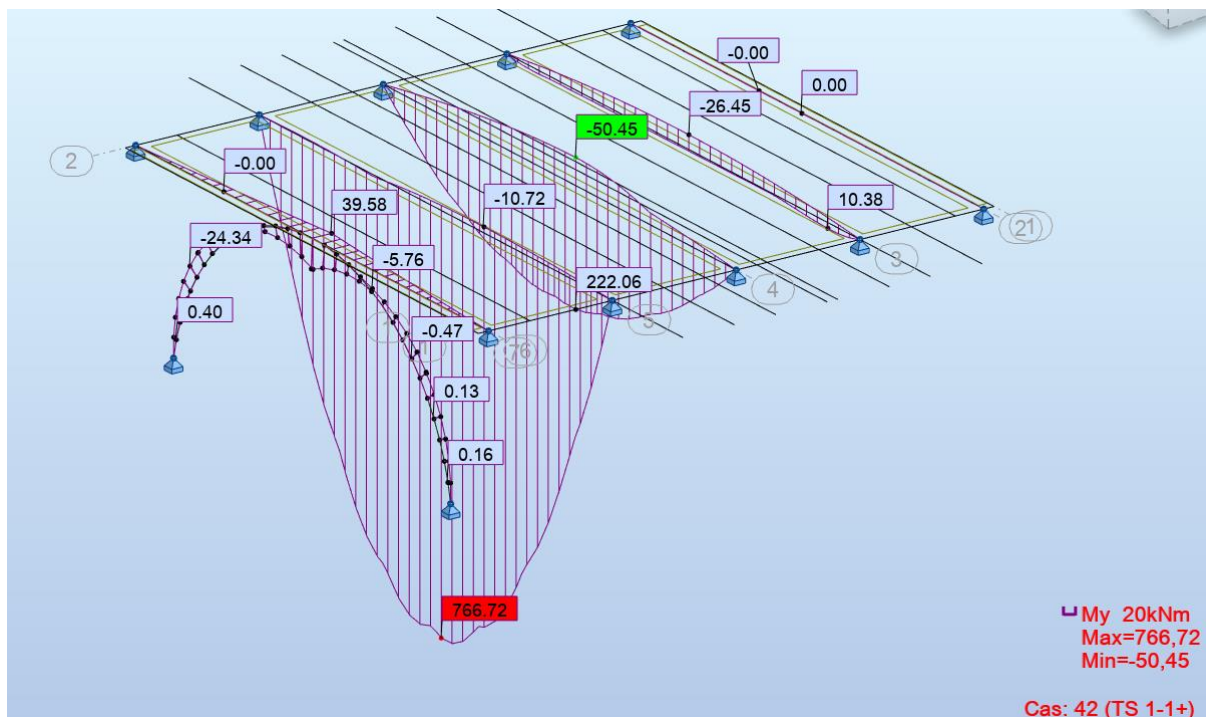


Voie 2 :

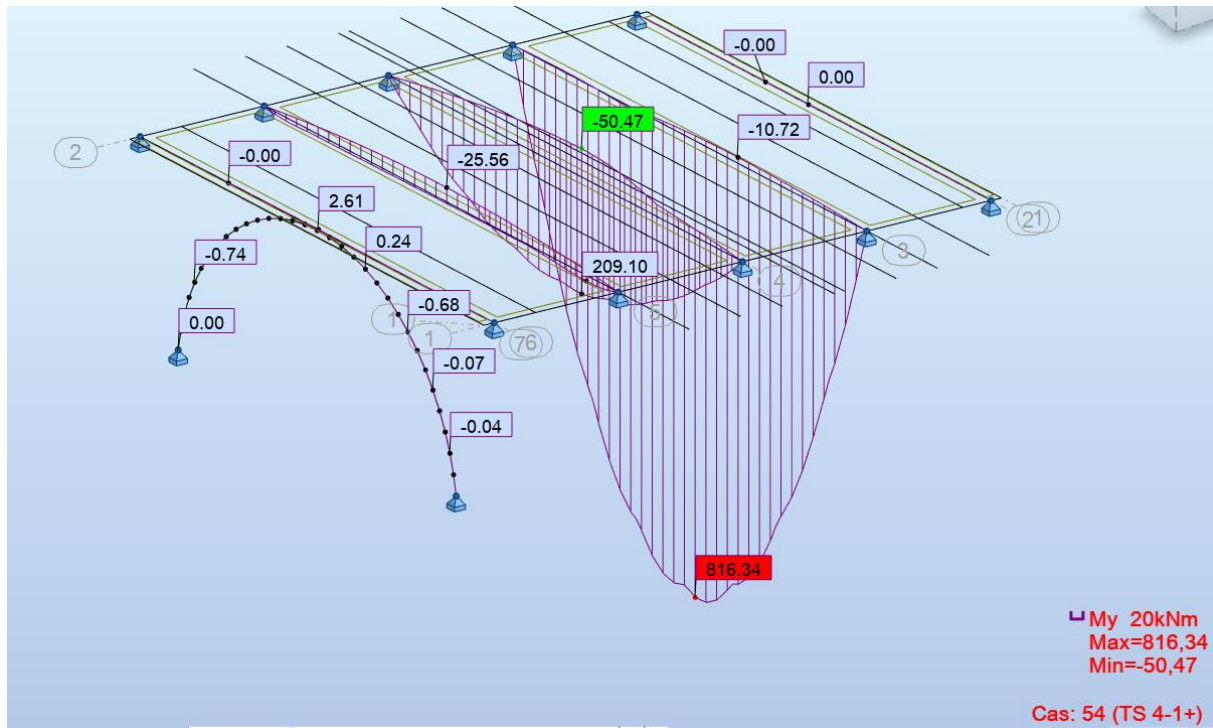


TS :

Voie 1 :



Voie 2 :



Moment maxi sous LM1 (UDL + TS) :

✚ Moment max sous UDL = $196,51 + 78,62 = 275,13 \text{ kN.m.}$

✚ Moment max sous TS = $816,34 - 26,45 = 790 \text{ kN.m.}$

➔ Moment max sous LM1 : $790 + 275 = 1\,065 \text{ kN.m}$

❖ Conclusion

Comme le montrent les résultats présentés ci-avant, le convoi C2 est beaucoup moins défavorable que la surcharge LM1 de l'Eurocode 1.