

# A75 - Buse Turbosider à Espalem n°1

## Inspection Détaillée Périodique et Auscultation

### RAPPORT D'ÉTUDE

Mai 2024

Le Cerema est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique, présent partout en métropole et dans les Outre-mer grâce à ses 26 implantations et ses 2 400 agents. Détenteur d'une expertise nationale mutualisée, le Cerema accompagne l'État et les collectivités territoriales pour la transition écologique, l'adaptation au changement climatique et la cohésion des territoires par l'élaboration coopérative, le déploiement et l'évaluation de politiques publiques d'aménagement et de transport.

Doté d'un fort potentiel d'innovation et de recherche incarné notamment par son institut Carnot Clim'adapt, le Cerema agit dans 6 domaines d'activités : Expertise & ingénierie territoriale, Bâtiment, Mobilités, Infrastructures de transport, Environnement & Risques, Mer & Littoral.

**Site web : [www.cerema.fr](http://www.cerema.fr)**

# A75 - Buse Turbosider à Espalem n°1

## Inspection Détaillée Périodique et Auscultation

### Mai 2024

Commanditaire : **Dir Massif-Central / DPEE / POA - Jérôme COTARD -**  
**jerome.cotard@developpement-durable.gouv.fr**

**Auteur : Loïc BLACHERE - Inspecteur OA**

Responsable du rapport :

Richard VAISSIERE / Agence de Clermont-Ferrand / GIOAD
Tél. : +33(0)4 73 42 11 42 – +33 6 64 49 39 37
Courrier : <b>richard.vaissiere@cerema.fr</b>
Direction territoriale Centre-Est – Agence de Clermont-Ferrand – Groupe IOAD

#### Historique des versions du document




Version	Date	Commentaire
06/05/2024	VI	Version initiale Loïc BLACHERE
15/05/2024	VF	Relecture et validation Richard VAISSIERE

#### Références

N° d'affaire : 23-CE-0269

Partenaires : sans objet

Devis n° : Pré-programmation DIRMC 2023

Nom	Service	Rôle	Visa
Loïc BLACHERE Inspecteur OA	ACF/IOAD	Auteur principal	 Signature numérique de BLACHERE Loïc Date : 2024.05.15 18:31:56 +02'00'
Stéphane LANG, Chargé d'études OA	ACF/IOAD	Contributeur	
Richard VAISSIERE, Chargé d'études OA, Adjoint au Chef de Groupe IOAD	ACF/IOAD	Relecteur	 Signature numérique de VAISSIERE Richard (richard.vaissiere) Date : 2024.05.15 10:39:41 +02'00'
Alexandre CUER Directeur Adjoint	ACF	Valideur	 Signature numérique de CUER Alexandre Date : 2024.05.15 18:32:25 +02'00'

## Résumé de l'étude

Inspection détaillée périodique et auscultation de l'ouvrage dans le cadre du programme de surveillance 2023 de la DIR Massif Central.

### 5 à 10 mots clés à retenir de l'étude

<b>A75</b>	<b>Auscultation</b>
<b>Buse Turbosider à Espalem n°1</b>	<b>A7513013</b>
<b>Inspection détaillée</b>	
<b>Programme de surveillance 2023</b>	
<b>Buse métallique</b>	

### Statut de communication de l'étude

Les études réalisées par le Cerema sur sa subvention pour charge de service public sont par défaut indexées et accessibles sur le portail documentaire du Cerema. Toutefois, certaines études à caractère spécifique peuvent être en accès restreint ou confidentiel. Il est demandé de préciser ci-dessous le statut de communication de l'étude.

- ☐ Accès libre : document accessible au public sur internet
- ☒ Accès restreint : document accessible uniquement aux agents du Cerema
- ☐ Accès confidentiel : document non accessible

Cette étude est capitalisée sur la plateforme documentaire [CeremaDoc](https://doc.cerema.fr/depot-rapport.aspx), via le dépôt de document : <https://doc.cerema.fr/depot-rapport.aspx>

# Sommaire

<b>1</b>	<b>Contexte et objet de l'étude.....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Historique des interventions.....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Situation et description de l'ouvrage.....</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Constatations.....</b>	<b>9</b>
<b>4.1</b>	<b>Équipement sur Ouvrage.....</b>	<b>10</b>
4.1.1	Chaussée de la voie portée.....	10
4.1.2	Trottoirs, bordures et accotements.....	10
4.1.3	Dispositifs de retenue :.....	11
4.1.4	Dispositifs d'évacuation des eaux sur ouvrage.....	11
<b>4.2</b>	<b>Équipement sous Ouvrage.....</b>	<b>11</b>
4.2.1	Chaussée de la voie franchie.....	11
4.2.2	Trottoirs, bordures et accotements.....	12
4.2.3	Dispositifs d'évacuation des eaux sous ouvrage.....	12
<b>4.3</b>	<b>Éléments de protection.....</b>	<b>13</b>
4.3.1	Étanchéité de l'extrados.....	13
4.3.2	Éléments de protection en site aquatique.....	13
<b>4.4</b>	<b>Structure de la buse métallique.....</b>	<b>13</b>
4.4.1	Déformation du profil en long de la buse.....	13
4.4.2	Déformations d'ensemble de la section transversale de la buse.....	13
4.4.3	Déformation des extrémités de la buse.....	14
4.4.4	Déformations localisées des plaques.....	14
4.4.5	Altération des plaques.....	14
4.4.6	Joints et organes d'assemblage.....	15
<b>4.5</b>	<b>Perrés de tête et talus.....</b>	<b>16</b>
4.5.1	Perrés de tête : <i>Pavés autobloquants</i> .....	16
4.5.2	Talus non perreyés.....	16
<b>5</b>	<b>Investigations complémentaires.....</b>	<b>17</b>
<b>5.1</b>	<b>Mesures d'épaisseurs résiduelles du métallique.....</b>	<b>17</b>
5.1.1	Principe de la mesure.....	17
5.1.2	Matériel utilisé.....	17
5.1.3	Repérage des points de mesure.....	17
5.1.4	Résultats obtenus.....	18
<b>5.2</b>	<b>Pastillage.....</b>	<b>23</b>
<b>5.3</b>	<b>Caractérisation du remblai.....</b>	<b>23</b>
5.3.1	Résultats obtenus.....	24
5.3.2	Critères chimiques et électrochimiques d'acceptation d'un matériau de remblai (seuils de référence).....	24
<b>6</b>	<b>Analyse et commentaires.....</b>	<b>25</b>
<b>6.1</b>	<b>Désordres structuraux sur buse.....</b>	<b>25</b>
6.1.1	Épaisseurs résiduelles des tôles.....	25
6.1.2	Déformations géométriques, déchirures.....	25

6.1.3	Caractéristiques du sol de remblai.....	25
<b>6.2</b>	<b>Désordres sur équipements.....</b>	<b>26</b>
<b>7</b>	<b>Conclusion.....</b>	<b>27</b>
<b>8</b>	<b>Annexes.....</b>	<b>28</b>
8.1	Fiches techniques buse Tubosider et boulonnerie adaptée.....	29
8.2	Cartographies des désordres.....	31
8.3	Dossier photographique.....	35
8.4	Procès-verbal d'essais de caractérisation chimique du remblai.....	49
8.5	Évaluation IQOA.....	51

# 1 CONTEXTE ET OBJET DE L'ÉTUDE

À la demande de la Direction Interdépartementale des Routes nationales du Massif Central (DIRMC / DPEE / POA), l'Agence Cerema de Clermont-Ferrand (ACF) est intervenue pour réaliser l'inspection détaillée périodique avec auscultation de la Buse Turbosider à Espalem n°1 (43).

Nous avons effectué dans ce cadre :

- une inspection détaillée de l'ouvrage avec relevé des désordres sur la structure.
- une auscultation de l'ouvrage par mesures d'épaisseur de métal, pastillages et analyses chimiques sur le remblai destinées à rechercher d'éventuels facteurs de corrosion (PH, résistivité, teneur en sels solubles).

Vous trouverez dans ce rapport :

- un dossier de synthèse avec avis sur l'état de l'ouvrage,
- une proposition de classement IQOA,
- des propositions de travaux d'entretien ou de réparation.

## 2 HISTORIQUE DES INTERVENTIONS

Année	Études	Référence
30 août 2011	Inspection détaillée avec auscultations réalisée par le CETE de Lyon, Département Laboratoire de Clermont-Ferrand (DLCF)	Dossier d'affaire n° 63-21565



### 3 SITUATION ET DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

Élément de référence	Description
Nom de l'ouvrage	Buse Turbosider à Espalem n°1 (Il s'agit d'une erreur de langage dans la base de donnée de la DIRMC, le type exact étant Tubosider)
Identifiant	A7513013
Maître d'ouvrage	État
Gestionnaire	DIRMC / District Nord / CEI de Massiac
Département	Haute-Loire
Commune	Espalem
Voie portée	A75 – 2 x 2 voies de circulation + bretelles de l'échangeur d'Espalem
PR + ABS	60 + 450
Voies franchies	Voie communale
Constitution	Tubosider polysectionnée. Buse métallique à recouvrements boulonnés. Extrémités en sifflets dans talus perreyés.
Épaisseur nominale de tôle	4,7 mm
Caractéristiques géométriques des ondulations	Longueur : 152,4 mm Profondeur : 50,8 mm
Date de construction	1989
Entreprise constructrice	Razel TP
Portée	6,28 m
Flèche	4,80 m
Longueur	5,30 m
Largeur	53 m
Dispositifs de retenue	Sur OA : Glissières de sécurité GS2 en rives et TPC + Garde-corps s8 sur dalles BA en têtes de buse. Grillages d'emprise sur les talus.  Sous OA : Néant



## 4 CONSTATATIONS

Élément de référence	Description
Dates d'interventions	Inspection détaillée : 2 mai 2023 Auscultations : 28 juin 2023
Intervenants	Stéphane LANG et Loïc BLACHERE (Cerema CE / ACF / IOAD)
Moyens d'accès	Inspection détaillée : A pieds et échelle Auscultations : Nacelle positive de la société Albert
Conditions météorologiques	Inspection détaillée : Beau temps, 14 °C environ Auscultations : Beau temps, 20° C environ

## 4.1 Équipement sur Ouvrage

Désordres :		Commentaires 2011	Commentaires complémentaires 2023	Photos
<b>4.1.1 Chaussée de la voie portée</b>				
Déformation vers le bas	Rien à signaler (Ras)	Ras		
Effondrement local	Ras	Ras		
Fissures transversales	Ras	Ras		1
Fissures longitudinales	Ras	Ras		
Faïençage	Ras	Ras		
Nid de poule	Ras	Ras		
Défauts de surface	Ras	Ras		1
<b>4.1.2 Trottoirs, bordures et accotements</b>				
Défauts des bordures de trottoirs	Sans objet (SO)	SO		
Configuration de l'ensemble chaussée-accotement	Accotements non revêtus (interface entre les bordures coulées en place de la voie portée et la tête de buse constituée de pavés autobloquants). Voie franchie dépourvue de fil d'eau.	Mise en place de dalles BA avec garde-corps au droit des exutoires la buse au niveau du profil de l'A75	2	

Désordres :	Commentaires 2011	Commentaires complémentaires 2023	Photos
<b>4.1.3 Dispositifs de retenue :</b>			
Glissières de sécurité type GS2 et gardes corps S8			
Défauts des gardes -corps, glissières et barrières de sécurité	Ras	Ras	
Autres défauts	Faible hauteur du grillage faisant office de garde-corps de service au droit de l'ouvrage (hauteur de 0,90 à 1,00 mètre). Un défaut de fixation du grillage sur un poteau (côté Ouest) Absence de protection au droit de deux avaloirs (fossés Est et Ouest, de la chaussée sous ouvrage)	Sécurisation au droit des extrémités de la buse avec dalle munie de garde corps Grillages remontés au niveau des gardes corps	3
<b>4.1.4 Dispositifs d'évacuation des eaux sur ouvrage</b>			
Colmatage	Ras	Ras	72
Stagnation d'eau	Ras	Ras	
Dégradation des dispositifs	Ras	Ras	

## 4.2 Équipement sous Ouvrage

Désordres :	Commentaires 2011	Commentaires complémentaires 2023	Photos
<b>4.2.1 Chaussée de la voie franchie</b>			
Déformation vers le bas	Ras	Ras	

Désordres :	Commentaires 2011	Commentaires complémentaires 2023	Photos
Effondrement local	Ras	Ras	
Fissures transversales	Ras	Ras	
Fissures longitudinales	Ras	Présence de fissures longitudinales éparses	
Faïençage	Ras	Faïençage aux extrémités	
Nid de poule	Présence de nids de poule, certains colmatés par de l'enduit.	Nombreux nids de poule notamment aux extrémités	5
Défauts de surface	Ras	Plumage généralisé	
<b>4.2.2 Trottoirs, bordures et accotements</b>			
Défauts des bordures de trottoirs	SO	SO	
Configuration de l'ensemble chaussée-accotement	Ras	Absence de protection au droit de deux avaloirs (fossés Est et Ouest de la chaussée sous ouvrage)	6
<b>4.2.3 Dispositifs d'évacuation des eaux sous ouvrage</b>			
Colmatage	Ras	Ras	
Stagnation d'eau	Ras	Ras	
Dégradation des dispositifs	Fils d'eau légèrement engravés	Pas de fil d'eau défini, mais engravement entre bande de roulement et pied de buse	

## 4.3 Éléments de protection

Désordres :	Commentaires 2011	Commentaires complémentaires 2023	Photos
<b>4.3.1 Étanchéité de l'extrados</b>			
Défauts d'étanchéité de l'extrados	SO	L'absence d'étanchéité se traduit par la corrosion marquée de la buse au droit des accotements et du TPC de la voie portée	
<b>4.3.2 Éléments de protection en site aquatique</b>			
Dégradation des éléments de protection	SO	SO	

## 4.4 Structure de la buse métallique

Désordres :	Commentaires 2011	Commentaires complémentaires 2023	Photos
<b>4.4.1 Déformation du profil en long de la buse</b>			
Affaissement du profil en long	Ras	Ras	
Déformations	Ras	Ras	70
Aplatissement	Ras	Ras	
Déversement	Ras	Ras	
<b>4.4.2 Déformations d'ensemble de la section transversale de la buse</b>			
Déformations	Ras	Ras	

Désordres :	Commentaires 2011	Commentaires complémentaires 2023	Photos
Aplatissement vertical de la buse	Ras	Ras	
Déversement	Ras	Ras	
<b>4.4.3 Déformation des extrémités de la buse</b>			
Déformation des extrémités	Ras	Ras	
Soulèvement d'extrémité amont	Ras	Ras	
<b>4.4.4 Déformations localisées des plaques</b>			
Enfoncement, poinçonnement localisés des plaques avec ou sans déchirures	Ras	Ras	
<b>4.4.5 Altération des plaques</b>			
Corrosion des plaques de radier/de coins/latérales et de sommet	Oxydation, corrosion localisée des plaques et de la boulonnerie au niveau de certains joints circonférentiels des abouts d'ouvrage ainsi qu'au droit du TPC - Cf cartographie des désordres.	Les désordres relevés en 2011 se sont accentués avec une corrosion localisée des plaques et de la boulonnerie sur les zones de recouvrement. Ces désordres se situent principalement au droit des accotements et du TPC de la voie portée	8 à 22
Abrasion	SO	SO	
Autres défauts	Fréquents dépôts d'oxyde de zinc (altération de la galvanisation aux abouts d'ouvrage et à l'aplomb du TPC).	Les dépôts constatés se sont légèrement étendus mais restent localisés aux zones citées en 2011	

Désordres :		Commentaires 2011	Commentaires complémentaires 2023	Photos
<b>4.4.6 Joints et organes d'assemblage</b>				
Coulures au niveau des joints	Ras	Ras		
Altération des boulons	Oxydation de la boulonnerie - Cf cartographie des désordres.	Oxydations de la boulonnerie		23
Absence ou desserrage des boulons	Ras	Ras		



## 4.5 Perrés de tête et talus

Désordres :	Commentaires 2011	Commentaires complémentaires 2023	Photos
<b>4.5.1 Perrés de tête : Pavés autobloquants</b>			
Déformation locale ou d'ensemble	Ras	Ras	
Effondrements locaux et/ou cavités dans le perré	Ras	Décollement du mortier de finition entre autobloquants et buse avec fissuration notamment en clé avec risque de chute d'éclats côté Brioude	24
Dégradation des matériaux constitutifs du perré	Ras	Ras	
Végétation sur le perré	Présence localisée de mousse sur le parement, notamment en rives côté Ouest.	Même constat	
Autres défauts	Ras	Ras	
<b>4.5.2 Talus non perreyés</b>			
Ravinement ou tassement	Ras	Ras	
Végétation	Ras	Ras	
Glissement	Ras	Ras	

## 5 INVESTIGATIONS COMPLÉMENTAIRES

### 5.1 Mesures d'épaisseurs résiduelles du métallique

#### 5.1.1 Principe de la mesure

Cette technique non destructrice utilise le principe de l'échographie ultrasons. Elle consiste à mesurer avec précision le temps au bout duquel une onde sonore à haute fréquence réfléchiée par la paroi opposée revient à l'émetteur. Cette méthode permet de détecter les diminutions d'épaisseur du métal.

#### 5.1.2 Matériel utilisé

L'appareil utilisé est une jauge à ultrasons Elcometer dont la précision est de l'ordre de  $\pm 1$  % de la mesure sur une plage de 0,2 à 50 mm

#### 5.1.3 Repérage des points de mesure

Au total 136 points de mesure ont-été réalisés repartis comme suit :

- la buse mesurant 52,5 m, nous avons matérialisé 22 profils espacés de 2,5 m
- nous avons effectué 7 mesures d'épaisseur par profil (sauf aux extrémités en sifflet) à des hauteurs d'environ 1 m, 2,4 m, 3,6 m , côté RG et RD et une mesure en clé.

Les mesures ont été faites sur le flanc des ondes afin de mesurer l'épaisseur réelle des tôles. Des mesures réalisées en fond d'ondes majorent l'épaisseur réelle des tôles, l'appareil à ultrasons comptabilisant dans ce cas l'épaisseur de couplant.

Des mesures complémentaires ont été effectuées sur les zones les plus corrodées situées au droit des accotements et du TPC de la voie portée.

## 5.1.4 Résultats obtenus

### 5.1.4.1 Mesures sur l'ensemble de la buse

Résultats des mesures d'épaisseur de métal par Ultrasons sur l'ensemble de la buse							
Profils ( 0 côté Est)	Côté Sud			Clé	Côté Nord		
	h=1m	h=2,4m	h=3,6m		h=1m	h=2,4m	h=3,6m
	1S	2S	3S		3N	2N	1N
0	4,62						4,65
2,5	4,65	4,7				4,67	4,5
5	4,6	4,61	4,6		4,7	4,63	4,63
7,5	4,56	4,6	4,6	4,6	4,56	4,6	4,64
10	4,4	4,4	4,62	4,6	4,65	4,57	4,5
12,5	4,3	4,4	4,6	4,5	4,59	4,6	4,6
15	4,7	4,67	4,62	4,6	4,6	4,7	4,6
17,5	4,6	4,65	4,58	4,6	4,64	4,7	4,6
20	4,7	4,6	4,6	4,5	4,7	4,7	4,64
22,5	4,6	4,5	4,62	4,5	4,7	4,7	4,56
25	4,55	4,7	4,63	4,7	4,7	4,66	4,5
27,5	4,5	4,7	4,62	4,7	4,69	4,64	4,61
30	4,5	4,6	4,58	4,6	4,7	4,65	4,57
32,5	4,5	4,5	4,61	4,6	4,7	4,68	4,63
35	4,5	4,6	4,6	4,6	4,7	4,6	4,7
37,5	4,5	4,5	4,6	4,6	4,7	4,6	4,6
40	4,3	4,5	4,58	4,7	4,68	4,64	4,65
42,5	4,5	4,5	4,62	4,6	4,7	4,6	4,63
45	4,55	4,5	4,61	4,6	4,63	4,66	4,65
47,5	4,5	4,5	4,6		4,63	4,3	4,7
50	4,5	4,5				4,6	4,5
52,5	4,7						4,6
Min	4,3	4,4	4,58	4,5	4,56	4,3	4,5
Max	4,7	4,7	4,63	4,7	4,7	4,7	4,7
Moy	4,54	4,56	4,61	4,60	4,67	4,63	4,60
Ecart type	0,11	0,09	0,02	0,06	0,05	0,09	0,06

Variations d'épaisseur de métal par rapport à l'épaisseur nominale							4,7
Profils ( 0 côté Est)	Côté Sud			Clé	Côté Nord		
	h=1m	h=2,4m	h=3,6m		h=1m	h=2,4m	h=3,6m
	1S	2S	3S		3N	2N	1N
0	0,08						0,05
2,5	0,05	0				0,03	0,2
5	0,1	0,09	0,1		0	0,07	0,07
7,5	0,14	0,1	0,1	0,1	0,14	0,1	0,06
10	0,3	0,3	0,08	0,1	0,05	0,13	0,2
12,5	0,4	0,3	0,1	0,2	0,11	0,1	0,1
15	0	0,03	0,08	0,1	0,1	0	0,1
17,5	0,1	0,05	0,12	0,1	0,06	0	0,1
20	0	0,1	0,1	0,2	0	0	0,06
22,5	0,1	0,2	0,08	0,2	0	0	0,14
25	0,15	0	0,07	0	0	0,04	0,2
27,5	0,2	0	0,08	0	0,01	0,06	0,09
30	0,2	0,1	0,12	0,1	0	0,05	0,13
32,5	0,2	0,2	0,09	0,1	0	0,02	0,07
35	0,2	0,1	0,1	0,1	0	0,1	0
37,5	0,2	0,2	0,1	0,1	0	0,1	0,1
40	0,4	0,2	0,12	0	0,02	0,06	0,05
42,5	0,2	0,2	0,08	0,1	0	0,1	0,07
45	0,15	0,2	0,09	0,1	0,07	0,04	0,05
47,5	0,2	0,2	0,1		0,07	0,4	0
50	0,2	0,2				0,1	0,2
52,5	0						0,1
Min	0	0	0,07	0	0	0	0
Max	0,4	0,3	0,12	0,2	0,14	0,4	0,2
Moy	0,16	0,14	0,10	0,10	0,04	0,08	0,10
Ecart type	0,11	0,09	0,02	0,06	0,05	0,09	0,06

#### 5.1.4.2 Mesures sur zone dégradée Nord Est

Résultats des mesures d'épaisseur Zone Nord Est Profils entre 7,5m et 12,5 m		
Profils	A	B
	3,2	4,4
	3,3	4,4
	3	4
	2,5	3,8
	3,2	3,2
	2,9	3,2
	2,4	3,7
Min	2,4	3,2
Max	3,3	4,4
Moy	2,93	3,81
Ecart type	0,35	0,50

Variation d'épaisseur de métal par rapport à l'épaisseur nominale		
Profils	A	B
	1,5	0,3
	1,4	0,3
	1,7	0,7
	2,2	0,9
	1,5	1,5
	1,8	1,5
	2,3	1
Min	1,4	0,3
Max	2,3	1,5
Moy	1,77	0,89
Ecart type	0,35	0,50

### 5.1.4.3 Mesures sur zone dégradée Sud Est

Résultats des mesures d'épaisseur Zone Sud Est Profils entre 7,5m et 12,5 m				
Profils	C	D	E	F
	2	3,5	4,1	3,6
	2,5	2,8	3,9	4,4
	2,6	2,2	2,9	3,8
	2,6	2,4	3,3	3,7
	2,2	2,6	3,4	3,7
	2,4	2,7	3,3	3,5
		2,5	4,2	3,8
		4		4,2
		4		4,1
		4,3		
Min	2	2,2	2,9	3,5
Max	2,6	4,3	4,2	4,4
Moy	2,38	3,10	3,59	3,87
Ecart type	0,24	0,77	0,48	0,30

Variation d'épaisseur de métal par rapport à l'épaisseur nominale Zone Sud Ouest				
Profils	H	I	J	K
	0,20	1,10	1,90	1,10
	0,50	1,00	1,40	0,00
	0,40	0,90	1,70	1,20
	0,40	1,50	1,70	0,70
	0,30	0,50		2,20
	0,80	0,90		0,90
	1,00	1,20		0,20
	0,90	1,60		
	0,40	0,70		
	0,20	1,70		
	0,30	0,50		
		0,20		
		0,20		
		0,10		
Min	0,20	0,10	1,40	0,00
Max	1,00	1,70	1,90	2,20
Moy	0,49	0,86	1,68	0,90
Ecart type	0,28	0,53	0,21	0,73



#### 5.1.4.4 Mesures sur zone dégradée Nord profil 27,5 m

Résultats des mesures d'épaisseur Zone côté Nord Profil 27,5m	
Profils	G
	4,3
	4,1
	3,8
	3,7
	4,4
	4,5
Min	3,7
Max	4,5
Moy	4,13
Ecart type	0,33

Variation d'épaisseur de métal par rapport à l'épaisseur nominale Zone côté Nord	
Profils	G
	0,4
	0,6
	0,9
	1
	0,3
	0,2
Min	0,2
Max	1
Moy	0,57
Ecart type	0,33

#### 5.1.4.5 Mesures sur zone dégradée Sud profil 27,5 m

Résultats des mesures d'épaisseur Zone côté Sud Profil 25 à 27,5m	
Profils	L
	4,7
	4,5
	4,6
	4,4
	4,4
	4,5
Min	4,4
Max	4,7
Moy	4,52
Ecart type	0,12

Variation d'épaisseur de métal par rapport à l'épaisseur nominale Zone côté Sud	
Profils	L
	0
	0,2
	0,1
	0,3
	0,3
	0,2
Min	0
Max	0,3
Moy	0,18
Ecart type	0,12

#### 5.1.4.6 Mesures sur zone dégradée Sud Ouest profil 42,5 m à 47,5 m

Résultats des mesures d'épaisseur Zone Sud Ouest (profils entre 42,5 à 47,5 m)				
Profils	H	I	J	K
	4,50	3,60	2,80	3,60
	4,20	3,70	3,30	4,70
	4,30	3,80	3,00	3,50
	4,30	3,20	3,00	4,00
	4,40	4,20		2,50
	3,90	3,80		3,80
	3,70	3,50		4,50
	3,80	3,10		
	4,30	4,00		
	4,50	3,00		
	4,40	4,20		
		4,50		
		4,50		
		4,60		
Min	3,70	3,00	2,80	2,50
Max	4,50	4,60	3,30	4,70
Moy	4,21	3,84	3,03	3,80
Ecart type	0,28	0,53	0,21	0,73

Variation d'épaisseur de métal par rapport à l'épaisseur nominale Zone Sud Ouest				
Profils	H	I	J	K
	0,20	1,10	1,90	1,10
	0,50	1,00	1,40	0,00
	0,40	0,90	1,70	1,20
	0,40	1,50	1,70	0,70
	0,30	0,50		2,20
	0,80	0,90		0,90
	1,00	1,20		0,20
	0,90	1,60		
	0,40	0,70		
	0,20	1,70		
	0,30	0,50		
		0,20		
		0,20		
		0,10		
Min	0,20	0,10	1,40	0,00
Max	1,00	1,70	1,90	2,20
Moy	0,49	0,86	1,68	0,90
Ecart type	0,28	0,53	0,21	0,73



## 5.2 Pastillage

Trois pastillages ont été réalisés, et ceci afin de compléter les mesures d'épaisseurs par ultrasons (photos 25 et 26).

La localisation de ces pastillages figure sur la cartographie des désordres. Cette méthode de contrôle destructive, a pour but de vérifier les résultats des mesures ultrasoniques, ainsi que l'état externe des tôles (côté remblai).

L'épaisseur résiduelle des échantillons a été mesurée à l'aide d'un micromètre.

Prélèvement	Hauteur	Profil	Épaisseur résiduelle mesurée	Observations sur le prélèvement
1	1,45 m	10,70 m Côté Sud	4,25mm	Face interne Oxydation avec piqûres de rouille Face externe (côté remblai) Léger dépôt d'oxyde de zinc
2	1,30 m	11,20 m Côté Nord	4,27mm	Face interne Oxydation avec piqûres de rouille Face externe (côté remblai) Léger dépôt d'oxyde de zinc
3	1,5 m	42,20 m Côté Sud	4,47 mm	Face interne Oxydation avec piqûres de rouille Face externe (côté remblai) Léger dépôt d'oxyde de zinc

## 5.3 Caractérisation du remblai

La détermination du caractère corrosif des remblais mis en contact d'aciers galvanisés ou non selon la norme A05-252 précise les caractéristiques suivantes : pH, résistivité, teneur en sels solubles (chlorures et sulfates).

Les prélèvements de remblai ont été réalisés à proximité immédiate des pastillages précédents.

Les analyses chimiques ont été effectuées par l'agence Cerema d'Autun selon les méthodes suivantes :

- la teneur en eau est déterminée par le rapport entre la masse de l'échantillon séchée à l'étuve à 105°C et la masse humide de l'échantillon (humidité du remblai in situ au moment du prélèvement). Elle permet de définir la quantité d'eau à utiliser pour réaliser l'extraction des sels solubles présents dans l'échantillon (annexe C de la norme A05-252)
- le pH est déterminé conformément à la norme NF ISO 10390
- la teneur en chlorures solubles est déterminée par dosage potentiométrique (méthode interne AA). Deux déterminations sont réalisées par échantillon
- la teneur en sulfates solubles est déterminée selon la norme NF T90-009. Deux déterminations sont réalisées par échantillon.
- la résistivité de l'échantillon est déterminée conformément à l'annexe B de la norme A05-252. Une seule détermination est réalisée par échantillon

### 5.3.1 Résultats obtenus

Zone de prélèvements	Pastillage 1	Pastillage 2	Pastillage 3
Teneur en eau (%)	2	2	2
pH	9,6	8,8	8,8
Résistivité à 20°C (Ω.cm)	3431	3529	3640
Teneurs en sels solubles			
Teneur en chlorures solubles (mg.kg-1)	71	40	65
Teneur en sulfates solubles (mg.kg-1)	58	428	98

### 5.3.2 Critères chimiques et électrochimiques d'acceptation d'un matériau de remblai (seuils de référence)

Paramètre contrôlé	Seuil d'acceptation (pour un ouvrage hors d'eau)
pH	5 < pH < 10
Résistivité à 20°C (Ω.cm)	sup. à 1000
Teneurs en sels solubles	
Teneur en chlorures solubles (mg.kg-1)	inf. à 200
Teneur en sulfates solubles (mg.kg-1)	inf. à 1000

## 6 ANALYSE ET COMMENTAIRES

### 6.1 Désordres structurels sur buse

#### 6.1.1 Épaisseurs résiduelles des tôles

Les mesures d'épaisseurs résiduelles réalisées en section courante sur l'ensemble de la buse traduisent globalement une intégrité correcte de cette dernière. Toutefois, ces résultats sont à nuancer avec les mesures complémentaires réalisées sur les zones plus dégradées localisées au droit des accotements et du TPC de la voie portée.

En effet, ces zones qui étaient déjà identifiées lors de l'IDP précédente, ont été très probablement soumises à des infiltrations d'eau chargée en sels de déverglaçage. Ceci a entraîné une forte corrosion dans la zone de recouvrement des plaques, avec des traces d'oxyde de zinc et une oxydation prononcée de la boulonnerie.

- En section courante, au niveau des zones apparaissant comme plutôt saines, l'écart maximal mesuré avec l'épaisseur nominale d'origine (pour rappel 4,7 mm) est de 0,4 mm (soit 8%) et l'écart moyen est de l'ordre de 0,1 mm (soit 2%).
- Au niveau des zones corrodées aux abouts de la buse et sous TPC, les mesures complémentaires effectuées dans les zones de recouvrement confirment une dégradation plus préoccupante de l'état de buse par rapport aux investigations réalisées en 2011, avec une réduction marquée de l'épaisseur des tôles et une épaisseur sacrifiée<sup>1</sup> entièrement consommée par endroit :
  - About Est (au droit de l'accotement côté Brioude) : l'écart maximal avec l'épaisseur nominale d'origine est de 2,7 mm (soit 57%) avec une moyenne de 1,4 mm (soit 30%).
  - Zone centrale (au droit du TPC) : l'écart maximal avec l'épaisseur nominale d'origine est de 1 mm (soit 21 % côté nord) avec une moyenne de 0,38 mm (soit 8 %).
  - About Ouest (au droit de l'accotement côté Espalem) : l'écart maximal avec l'épaisseur nominale d'origine est de 2,2 mm (soit 47%) avec une moyenne de 0,85 mm (soit 18%).
- Les pastillages réalisés dans ces zones plus dégradées mais hors recouvrement des plaques mettent en lumière le phénomène d'oxydation de la face interne des tôles cependant la corrosion reste encore contenue avec une épaisseur minimale de tôle mesurée à l'aide d'un palpeur de 4,25 mm, soit une perte d'épaisseur de l'ordre de 10 %.

L'étanchement des accotements par la mise en place de dalle supportant les gardes corps n'a pas suffi à ralentir le phénomène de corrosion qui se manifeste essentiellement dans les zones de recouvrement des tôles.

#### 6.1.2 Déformations géométriques, déchirures

Il est à noter que la buse ne présente pas de déformation géométrique, ni au niveau du profil en long, ni au niveau de sa circonférence ce qui est plutôt rassurant vis-à-vis de sa capacité structurelle.

Nous n'avons pas non plus constaté de déchirure des tôles au niveau des assemblages boulonnés.

#### 6.1.3 Caractéristiques du sol de remblai

Par ailleurs, l'ensemble des résultats de caractérisations chimiques du remblai sont conformes aux seuils prescrits dans le guide pour la surveillance spécialisée, l'entretien et la réparation des buses métalliques édité par le SETRA en 1992. Le remblai en tant que tel n'est donc pas particulièrement agressif si l'on ne considère pas la potentielle pollution par les chlorures issus de la chaussée.

---

1 épaisseur sacrifiée maximale pour un OA hors d'eau selon l'ouvrage *Buses métalliques : recommandations et règles de l'art* de la Direction des Routes et de la Circulation (DRCE) - septembre 1981, p91 :

$$e_{s \max} = e_r + e_a = 0,75 + 0,50 = 1,25 \text{ mm}$$

## 6.2 Désordres sur équipements

Nous avons relevé en particulier :

- L'absence de grille de protection au niveau de deux des trois avaloirs en béton présents dans les fossés de la voie franchie (côté Est et Ouest de l'ouvrage).
- La dégradation de la chaussée sous ouvrage avec présence de nids de poule, plumage et faïençage.
- Le décollement du mortier de finition entre les pavés autobloquants des perrés et la buse, avec notamment sa fissuration en clé constituant probablement un risque de chute d'éclats côté Brioude.

A noter que des travaux de sécurisation pour les personnels et les usagers ont été réalisés, avec la mise en place au droit des extrémités de la buse de dalles munies de garde-corps ainsi que la mise à niveau des grillages protégeant les piétons du risque de chute depuis les talus.

## 7 CONCLUSION

## 8 ANNEXES

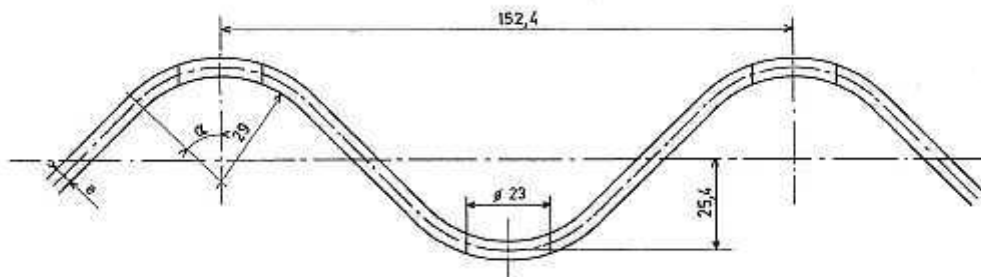
## 8.1 Fiches techniques buse Tubosider et boulonnerie adaptée

Cette fiche décrit les caractéristiques relevées sur le matériel au 1.03.1981. Elle n'implique aucun contrôle de la fabrication et ne préjuge pas des modifications pouvant être ultérieurement apportées par les fabricants.

ANNEXE 1  
FICHE TECHNIQUE N°5

### TUBOSIDER Polysectionnée

#### 1) CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES ONDULATIONS



Les valeurs de "e" sont exprimées en mm.

- Distance des fibres extrêmes à l'axe neutre:

$$v \text{ (cm)} = 2,54 + \frac{e}{20}$$

- Section de métal par mètre de paroi:

$$S \text{ (cm}^2\text{/m)} = 12,44 e$$

- Rigidité de la paroi:

$$E_s I \text{ (kN.m}^2\text{/m)} = 76,67 e (1 + e/104)$$

- Module d'inertie par mètre de paroi:

$$\frac{I}{v} \text{ (cm}^3\text{/m)} = 13,64 e$$

#### 2) EPAISSEUR MINIMALE EN FONCTION DE LA RESISTANCE REQUISE :

* 2 boulons/onde	$\left\{ \begin{array}{l} e = 1 + \frac{R_p}{400} \\ e = 1,25 + \frac{R_p}{530} \end{array} \right.$	$0 \leq R_p \leq 400 \text{ kN/m}$	
		$400 \leq R_p$	limité à 6,2 mm d'épaisseur nominale
* 4 boulons/onde	$\left\{ \begin{array}{l} e = 1 + \frac{R_p}{400} \\ e = 1,58 + \frac{R_p}{952} \\ e = \frac{R_p}{451,5} \end{array} \right.$	$0 \leq R_p \leq 400 \text{ kN/m}$	
		$400 \leq R_p \leq 1357$	
		$1357 \leq R_p$	limité à 7 mm d'épaisseur nominale

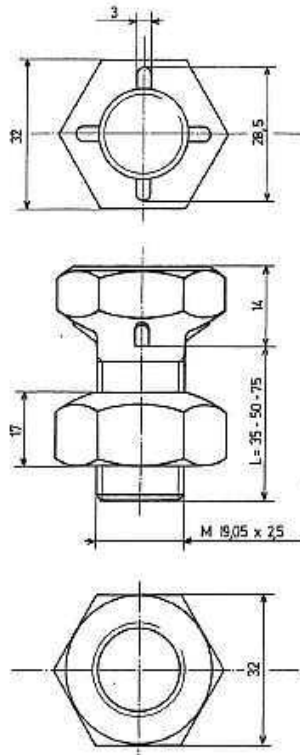


## ANNEXE 1 FICHE TECHNIQUE N° 5

### 3) ELEMENTS DE FIXATION

#### 3.1 - Caractéristiques géométriques

Les vis et écrous utilisés sont conformes au schéma ci-dessous.



Couple de serrage:

- Boulons 8.8.  
maximum: 300 N.m  
minimum: 220 N.m
- Boulons 10.9.  
maximum: 450 N.m  
minimum: 300 N.m

#### 3.2 - Matières utilisées

Boulons h.r. 10.9  
utilisés sur les  
joints à 2 boulons  
par onde avec les  
tôles de 4,2 à 6,2 mm

- VIS: - Acier 38-C4 ou 42-C4 traité par trempé et revenu  
- Limite de rupture: 1000-1200 MPa.  
- Classe de qualité 10.9 suivant NF E 27 701
- ECROUS: - Classe de qualité 10 suivant NF E 27 701.

Boulons h.r. 8.8  
utilisés dans les  
autres cas.

- VIS: - Acier XC-38 traité par trempé et revenu.  
- Limite de rupture: 800-1000 MPa.  
- Classe de qualité 8.8 suivant NF E 27 701.
- ECROUS: - Classe de qualité 8 suivant NF E 27 701.

#### 3.3 - Protection vis-à-vis de la corrosion

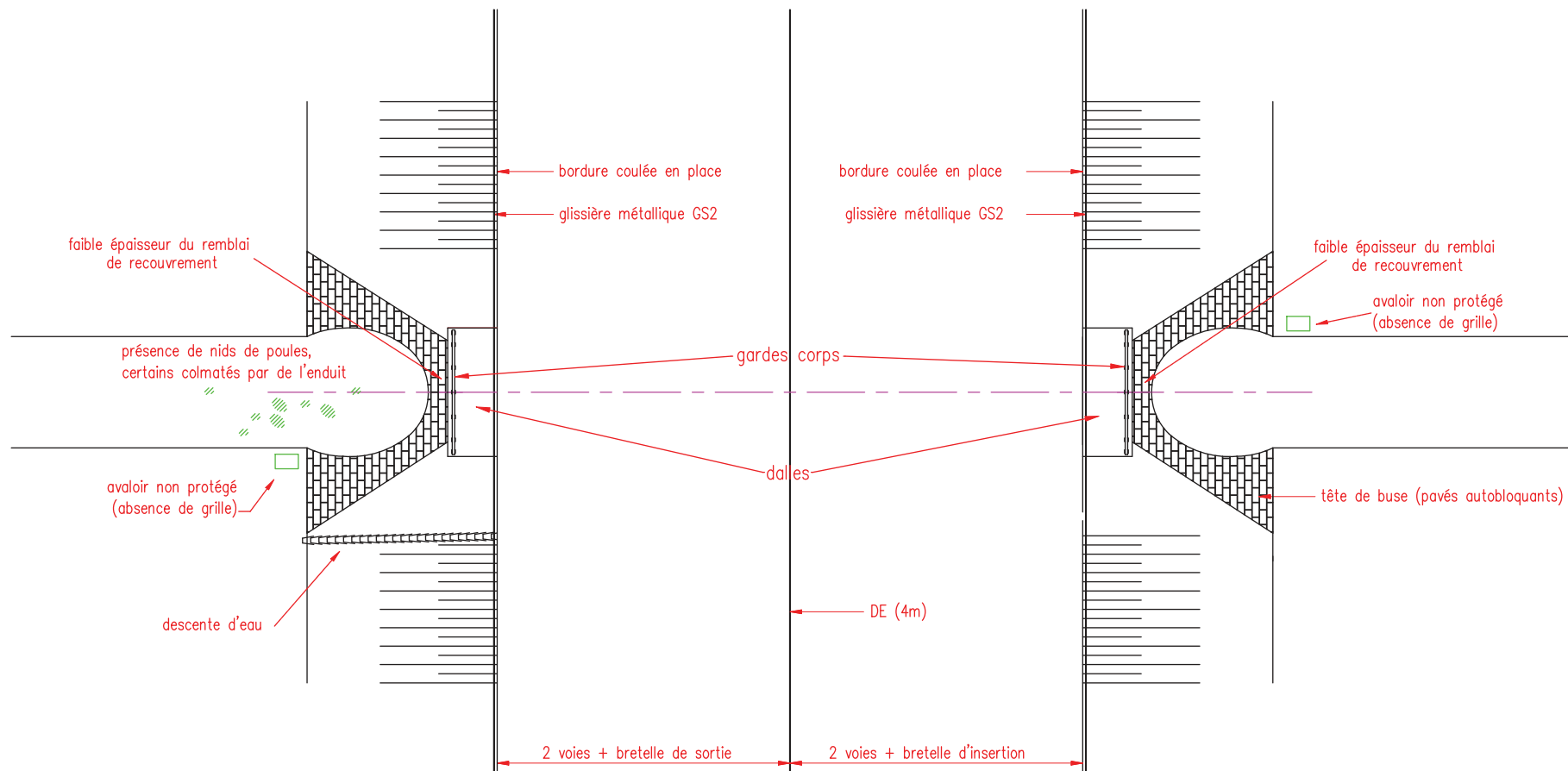
Zincage électrolytique avec bichromatation.

Classe de qualité 10-20 microns suivant NF E 27 016.

## 8.2 Cartographies des désordres

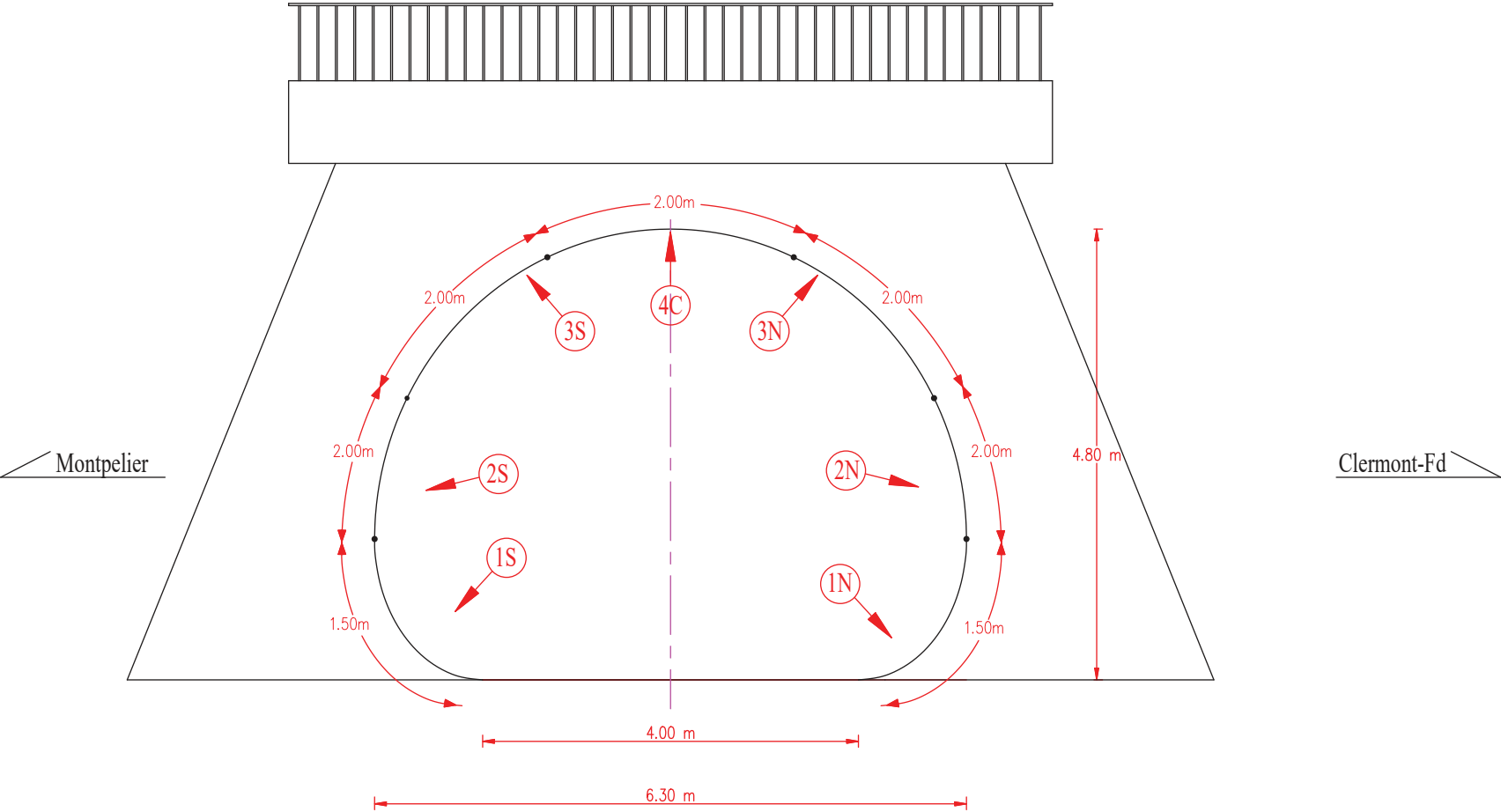
Nom de l'Ouvrage		Buse métallique de la voie communale à Espalem				
Extrados et perrés Vue en plan						
Voie portée	A 75 - PR 60+450	Obstacle franchi		Voie communale		
Intervention du	02/05/2023	Dessin réalisé par		L. BLACHERE	Ech	1/100

Clermont-Fd



Montpellier

Nom de l'Ouvrage	Buse métallique de la voie communale à Espalem				
Elévation					
Positionnement des lignes de mesures					
Voie portée	A 75 - PR 60+450	Obstacle franchi	Voie communale		
Intervention du	02/05/2023	Dessin réalisé par	L. BLACHERE	Ech	1/100



Légende: Désordres 2011  
Désordres 2023  
Symboles: adhésives  
 boulonnerie oxydée  
 oxydation, corrosion des plaques  
 traces d'oxyde de zinc



## 8.3 Dossier photographique



*Photo 1 : Vue générale sur voie portée (sens Issoire->Massiac)*



*Photo 2 : Mise en place d'une dalle+garde corps pour sécuriser la zone surplombant l'exutoire de la buse*





*Photo 3 : Mise à niveau des grillages pour sécuriser les 2 sifflets de buse*



*Photo 4 : Descente d'eau côté Espalem*



*Photo 5 : Vue générale sur voie franchie (nids de poule, plumage, fissuration)*



*Photo 6 : Absence de protection au niveau de l'avaloir côté Espalem*





*Photo 7 : Vue générale sur voûte*



*Photo 8 : Vue générale sur voûte corrodée profil 10 m*





*Photo 9 : Vue générale sur zone corrodée (profil 10 m /côté Massiac=zone 4)*



*Photo 10 : plaques de coin corrodées (zone 4)*





*Photo 11 : Zoom sur zone de recouvrement corrodée(zone 4)*



*Photo 12 : Zoom sur feuilletage des tôles (zone4)*





*Photo 13 : Vue générale sur zone corrodée (profil 10 m /côté Clermont-Fd =zone 5)*



*Photo 14 : Zoom sur corrosion avec feuilletage des tôles (zone 5)*



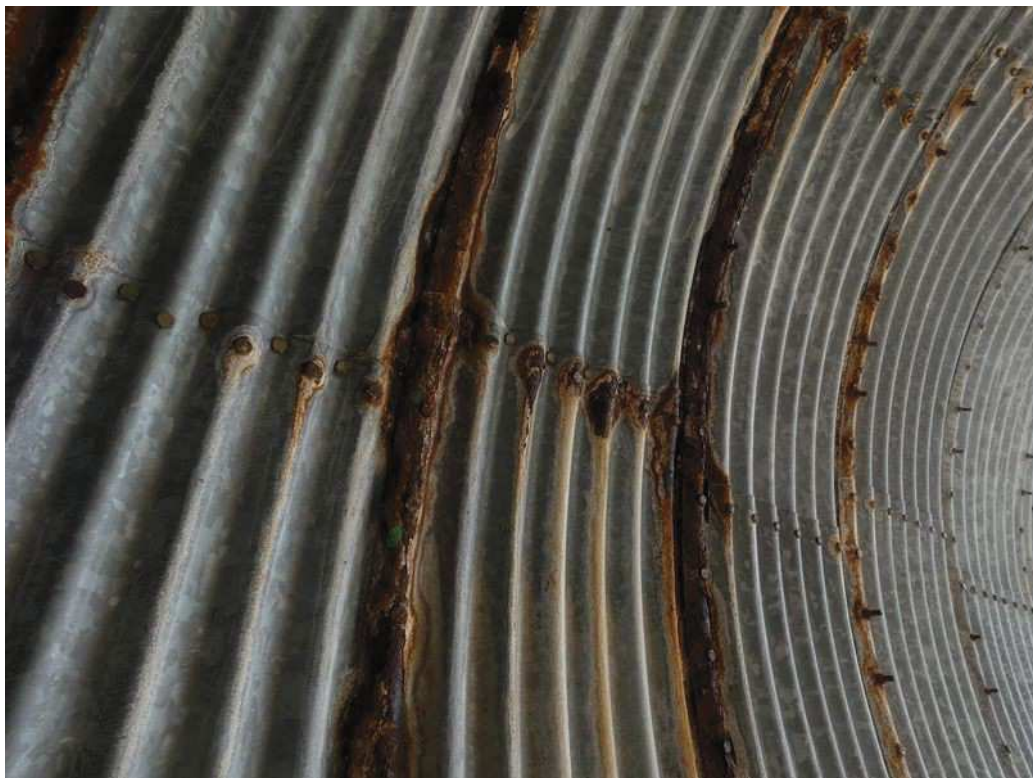


Photo 15 : Corrosion sur zone de recouvrement (zone 5)



Photo 16 : Présence d'oxyde de zinc sur zone de recouvrement (profil 24 m/ côté Massiac = zone 2)



*Photo 17 : Zoom sur zone de recouvrement avec oxyde de zinc et rouille (zone 2)*



*Photo 18 : Feuilletage de la tôle, oxyde de zinc et boulonnerie attaquée (zone 2)*





*Photo 19 : Vue générale sur profil 36 m avec oxyde de zinc et corrosion sur les zones de recouvrement*



*Photo 20 : Vue générale sur profil 42 m côté Clermont-Fd*





*Photo 21 : Zoom sur corrosion dans les zones de recouvrement*



*Photo 22 : Vue générale sur profil 42 m côté Massiac= zone 1*





*Photo 23 : Détail sur corrosion avec feuilletage et oxydation boulonnerie zone 1*



*Photo 24 : Décollement mortier interface buse/perré*





*Photo 25 : Pastillage face interne*



*Photo 26 : Pastillages face externe*

## 8.4 Procès-verbal d'essais de caractérisation chimique du remblai

  
**RÉPUBLIQUE FRANÇAISE**  
Liberté  
Égalité  
Fraternité



  
**Cerema**  
CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN  
Agence d'Autun

**Détermination du caractère corrosif des remblais mis en contact d'aciers galvanisés ou non selon la norme A05-252**

Numéro de projet NOVA
23-CE-0269
Client
DIR Massif Central

Informations sur l'échantillon	
<b>Nom de l'échantillon :</b> Pastillage 2	<b>Date de réception :</b> Novembre 2023 et février 2024
<b>Stockage pré-essais :</b> Agence d'Autun	
<b>Observations :</b> Avec accord de l'Agence de Clermont-Ferrand, il a été dérogé à la norme A05-252 pour l'extraction des sels solubles : utilisation de la fraction granulométrique 0-10 mm et 10-20 mm au lieu de 0-10 mm seule comme le demande la norme	

Récapitulatif des résultats d'essais	
<b>Teneur en eau (%)</b>	<b>2</b>
<b>pH</b>	<b>8,8</b>
<b>Teneur en chlorures solubles (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>40</b>
<b>Teneur en sulfates solubles (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>428</b>
<b>Résistivité à 20°C (Ω.cm)</b>	<b>3529</b>

Nom du chargé(e) d'essai	Date et signature du chargé(e) d'essai
Jérémy  ROTH	ROTH Jérémy (jeremy.roth)  <small>Signature numérique de ROTH Jérémy (jeremy.roth) Date : 2024.05.02 15:29:41 +02'00'</small>
Nom du responsable d'essai	Date et signature du responsable d'essai
Jérémy  ROTH	ROTH Jérémy (jeremy.roth)  <small>Signature numérique de ROTH Jérémy (jeremy.roth) Date : 2024.05.02 15:29:50 +02'00'</small>

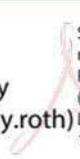



**Détermination du caractère corrosif des remblais mis en contact d'aciers  
galvanisés ou non selon la norme A05-252**

Numéro de projet NOVA
23-CE-0269
Client
DIR Massif Central

Informations sur l'échantillon			
Nom de l'échantillon :	Pastillage 3	Date de réception :	Novembre 2023 et février 2024
Stockage pré-essais :	Agence d'Autun		
Observations :	Avec accord de l'Agence de Clermont-Ferrand, il a été dérogé à la norme A05-252 pour l'extraction des sels solubles : utilisation de la fraction granulométrique 0-10 mm et 10-20 mm au lieu de 0-10 mm seule comme le demande la norme		

Récapitulatif des résultats d'essais	
<b>Teneur en eau (%)</b>	<b>2</b>
<b>pH</b>	<b>8,8</b>
<b>Teneur en chlorures solubles (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>65</b>
<b>Teneur en sulfates solubles (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>98</b>
<b>Résistivité à 20°C (Ω.cm)</b>	<b>3640</b>

Nom du chargé(e) d'essai	Date et signature du chargé(e) d'essai
Jérémy ROTH	ROTH Jérémy (jeremy.roth)  Signature numérique de ROTH Jérémy (jeremy.roth) Date : 2024.05.02 15:30:15 +02'00'
Nom du responsable d'essai	Date et signature du responsable d'essai
Jérémy ROTH	ROTH Jérémy (jeremy.roth)  Signature numérique de ROTH Jérémy (jeremy.roth) Date : 2024.05.02 15:30:25 +02'00'

## 8.5 Évaluation IQOA

Équipements :		
Équipements sur ouvrage	Cerema	Dir
– Chaussée	2	
– Trottoirs et bordures	1	
– Dispositifs de retenue	1	
– Corniches	So	
– Dispositifs d'évacuation des eaux	1	
– Autres équipements	So	
Équipements sous ouvrage		
– Chaussée de la voie franchie	2	
– Trottoirs et bordures	So	
– Dispositifs de retenue	So	
– Dispositifs d'évacuation des eaux	1	
– Autres équipements	So	
Classe des équipements :	2	
Structure (et éléments de protection) :		
– Étanchéité	2E	
– Éléments de protection site aquatique	So	
– Buse	3	
– Talus de tête non perreyé	So	
– Perrés de tête	2	
– Murs de tête en béton armé	So	
– Défauts du béton armé (hormis la buse et les murs)	So	
– Lit du cours d'eau	So	
Classe de la structure(et éléments de protection) :	3	

Synthèse :		
	Cerema	Dir
– Équipements	2	
– Structure	3	
Classe de l'ouvrage :	3	

Observations et suggestions:

[Voir rapport d'IDP](#)





**RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



**Cerema**

CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN

CEREMA

Siège social : Cité des mobilités - 25 avenue François Mitterrand - CS 92 803 - 69674 Bron Cedex -

Tél. : +33 (0)4 72 14 30 30 – [www.cerema.fr](http://www.cerema.fr)