



JOURNEES NATIONALES
MACONNERIE

5ème édition – Bordeaux

12 et 13 Juin 2025



Confortement d'une tranchée rocheuse revêtue

Romain BOULESTIN (Agent d'études – MOE Etudes - Phases APO et DCE)

Fabien MAURY (Spécialiste Ouvrage d'art en Région)

Damien MICHEL (Agent d'études – MOE Etudes – Phase REA)



DIRECTION GÉNÉRALE INDUSTRIELLE ET INGÉNIERIE
DIRECTION ZONE INGÉNIERIE SUD-EST
PÔLE RÉGIONAL INGÉNIERIE DE CLERMONT-FD
31 Avenue Albert-et-Elisabeth – 63037 CLERMONT-FD CEDEX



Introduction



- Patrimoine Ouvrage d'art maçonné région Auvergne-Nivernais.
 - 1 490 Ponts maçonnés
 - 4 785 Petits ouvrages sous voie
 - 1 620 Murs ou Perrés
 - 180 Tunnels = 40 500m





JOURNEES NATIONALES
MACONNERIE

5ème édition – Bordeaux

12 et 13 Juin 2025



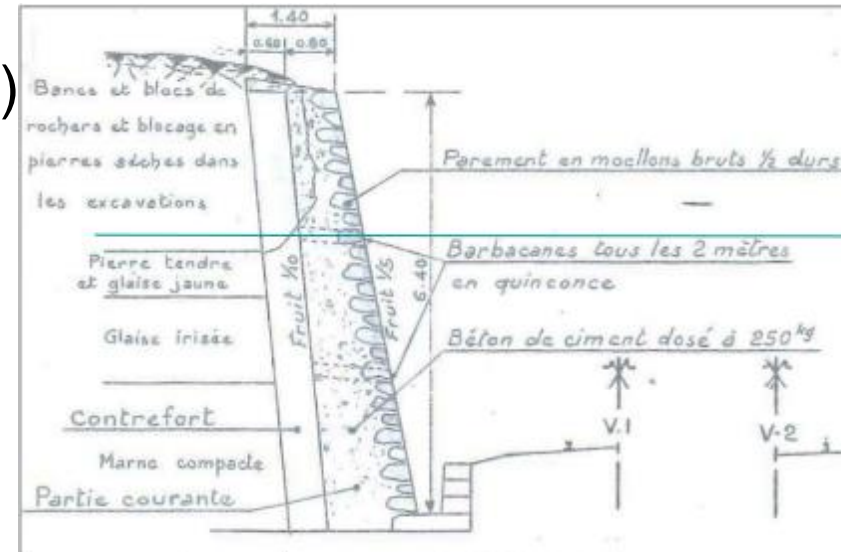
Caractéristiques de l'ouvrage

Tranchée rocheuse revêtue



- Mode constructif

- Date de construction : 1865 (160 ans)
- Fondations : Superficielles
- Maçonnerie de moellons assisés
- Mortier de hourdage à la chaux



Coupe des travaux de 1944 côté V1
(Coupe géologique idem côté V2)

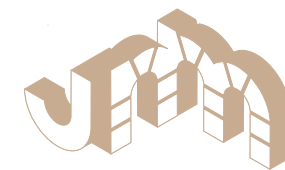
Calcaire compact de la base du Sinémurien et calcaire oolithique de l'Hettangien

Terrains beaucoup plus argileux de l'Hettangien (calcaires marneux, marnes, argiles)

Analyse du rapport d'expertise de 2019

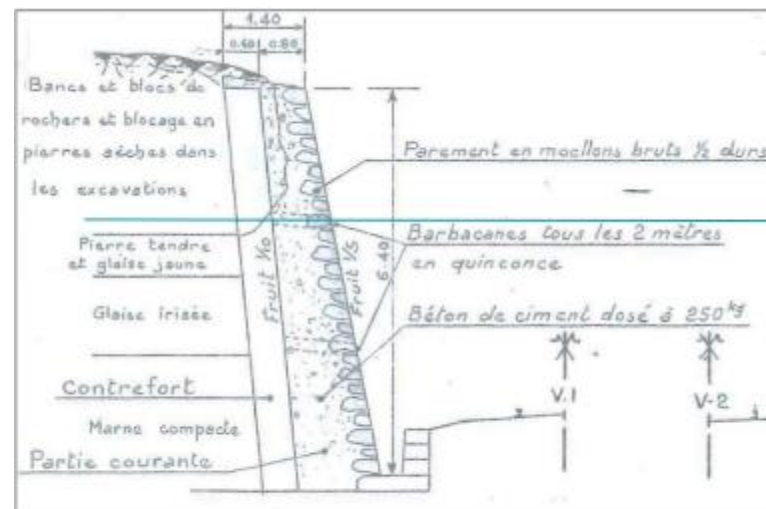
- Moellons calcaires module moyen: 25cm x 12cm x 25cm profondeur

Tranchée rocheuse revêtue



- **Fonction de l'ouvrage**

- L'ouvrage est un revêtement « destiné essentiellement à assurer la protection d'une surface par recouvrement.
- Aucune fonction mécanique de soutènement des terres ou alors de façon négligeable.

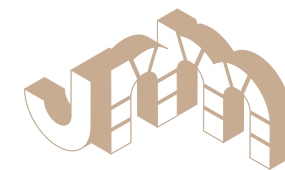


Calcaire compact de la base du Sinémurien et calcaire oolithique de l'Hettangien

Terrains beaucoup plus argileux de l'Hettangien (calcaires marneux, marnes, argiles)

Analyse du rapport d'expertise de 2019

Tranchée rocheuse revêtue

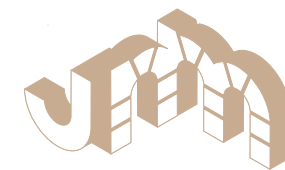


- Caractéristiques géométriques

- Longueur 168 mètres
- Epaisseur moyenne du parement (E_p) : **60cm**
- Hauteur maximale (H) : **13,50m**
- Elancement (H/E_p) : **22,5**
- Distance bord du rail parement : **2,30 m**
- Fruit du parement : 1/5 soit 11°

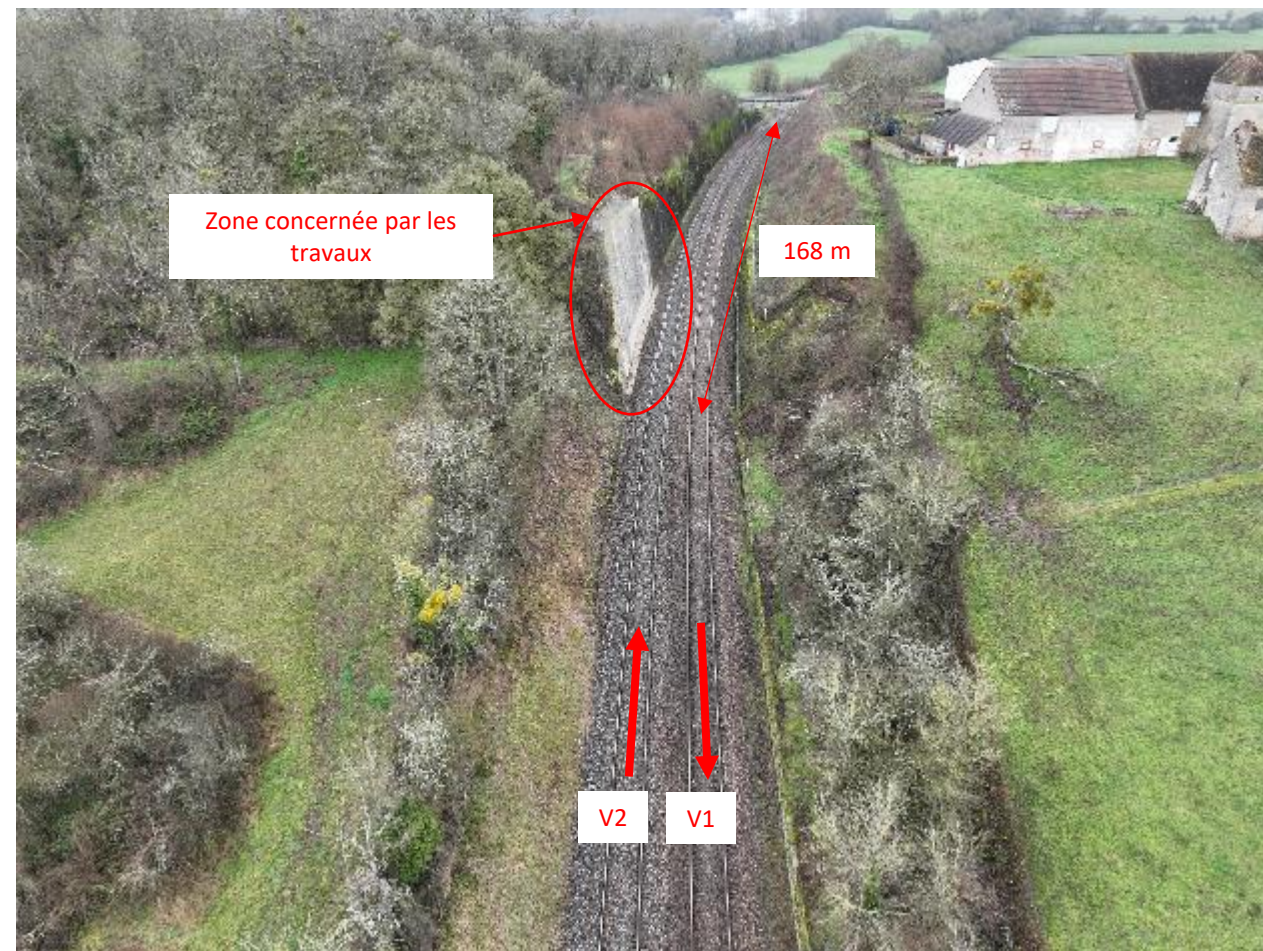


Tranchée rocheuse revêtue



- Environnement ferroviaire

- Vitesse maximale : **130 km/h**
- Double voie en courbe
- Nombre de train par Jour: **25**
- Distance d'arrêt d'un train type TER : **1 085m**





JOURNEES NATIONALES
MACONNERIE

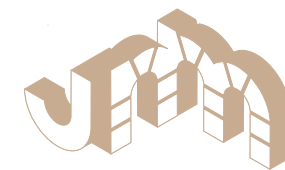
5ème édition – Bordeaux

12 et 13 Juin 2025



Action de surveillance

Tranchée rocheuse revêtue



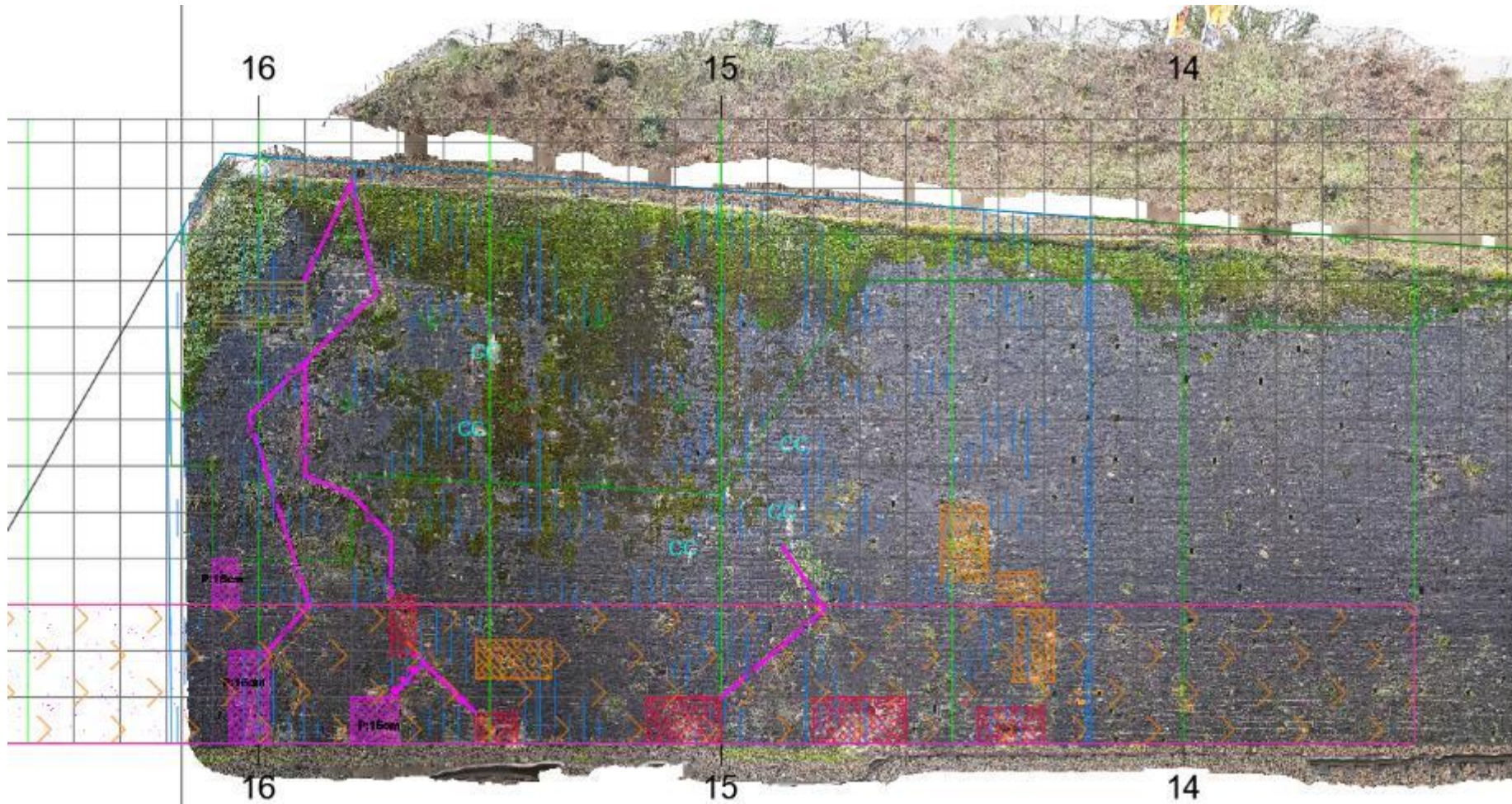
- Visite périodique et découverte des pathologies
 - Réalisation de la Inspection Détaillée Régionale (IDR) le 25/09/2019



Tranchée rocheuse revêtue



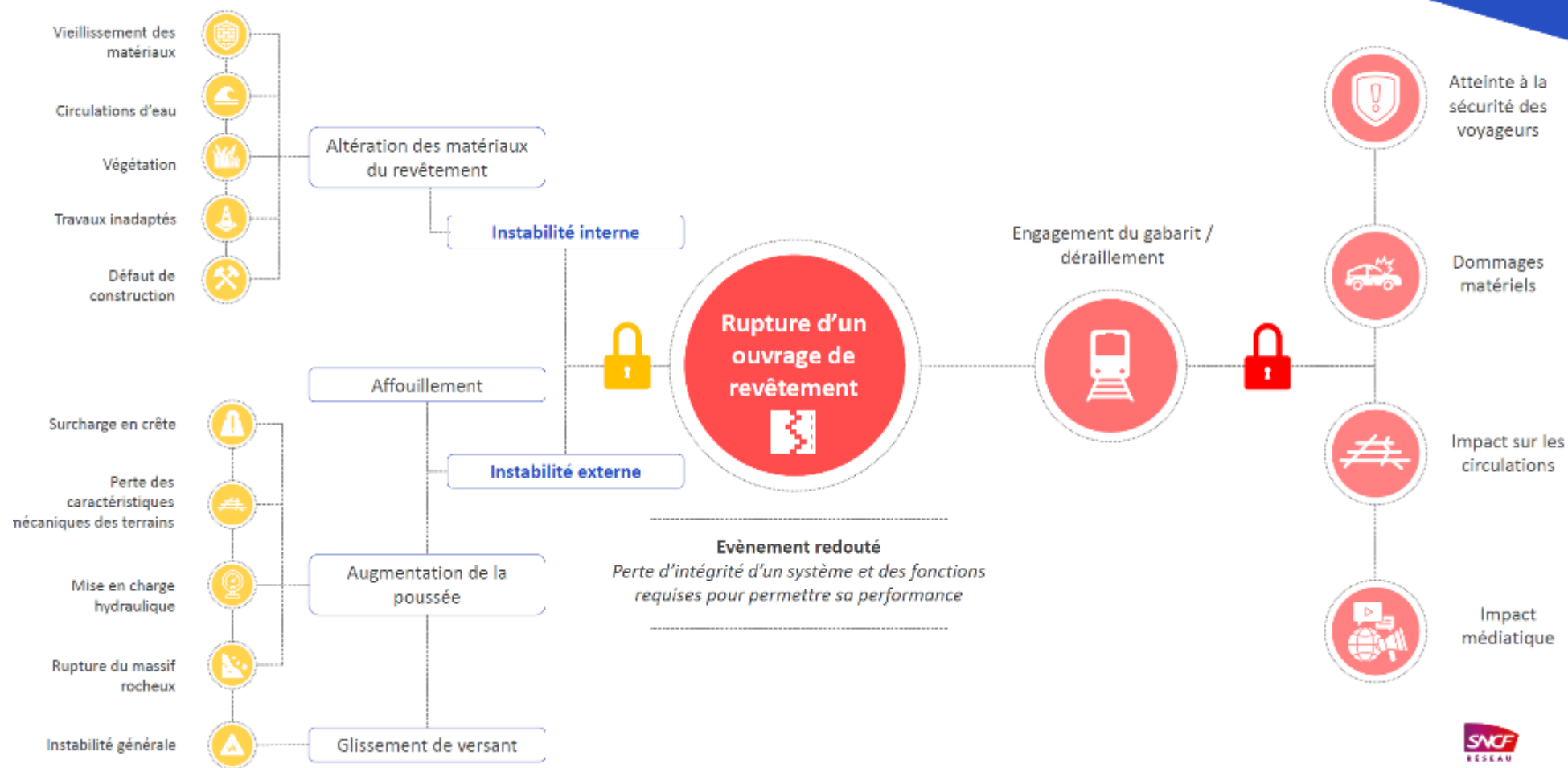
- Relevé des avaries



Evénement redouté



Nœud papillon simplifié



Tranchée rocheuse revêtue



Accident La Couronne (2008)

Vmax = 60 km/h
Déraillement sur 70 m



Accident Panorama (2009)

Vmax = 150 km/h
Déraillement sur 200 m



Accident Mercuès (2012)



Tranchée rocheuse revêtue



• Cotation des ouvrages et objectivation OA/OT

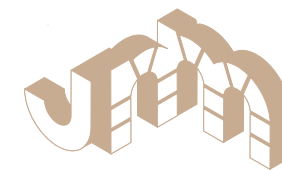
COTATION DES MURS DE SOUTÈNEMENT ET PERRES (Livret B IN1260) + GUIDE D'OBJECTIVATION OA/OT (IN 07797)											
B- Disjonctements						M- Situation		Coeff.	Note	Applicable à	
(Profondeur ↓) / (Surface →)		10 à 25%	Note	25 à 50%	Note	> 50%	Note	M1	1,02	B/C/E/G1/G2	
de 3 à 5 cm		B1	6	B2	7	B3	9	M2	1,01	B/C/E/G1/G2	
de 5 à 7 cm		B4	11	B5	14	B6	17	N- Hauteur			
> 7 cm		B7	20	B8	25	B9	30	Coeff.		Note	Applicable à
C- Déformations						Hauteur inférieure à 10 m		N1	1,01	C/E/G1/G2	
(Profondeur ↓) / (Surface →)						Hauteur supérieure à 10 m		N2	1,02	G1/G2	
< 2 cm		C1	7	C2	9	C3	11	P- Constitution du mur			
de 2 à 5 cm		C4	13	C5	16	C6	19	Coeff.		Note	Applicable à
> 5 cm		C7	22	C8	25	C9	30	P1	1,2	B/C/D/E	
D- Avaries sur le matériau						Briques		P2	1,15	B/C/D/E	
(Profondeur ↓) / (Surface →)						Briques et moellons		P3	1,1	B/C/D/E	
de 3 à 7 cm		D1	3	D2	5	D3	8	P4	1,15	B/C/D/E	
> 7 cm		D4	12	D5	17	D6	25	P5	1,05	B/C/D/E	
E- Désorganisations/Dislocations						Briques et béton projeté		P6	1,02	B/C/D/E	
(Type ↓) / (Surface →)		0 à 25%	Note	25 à 50%	Note	> 50%	Note	P7	1,02	B/C/D/E	
Désorganisation		E1	20	E2	30	E3	45	P8	1,02	B/C/D/E	
Dislocation		E4	60	E5	80	E6	100	P9	1,02	B/C/D/E	
F- Humidité						Moellons		R- Cond. exploitation sous le mur			
Traces humides sans concrétions		Localisée		Note	Généralisée		Note	Coeff.		Note	Applicable à
Traces humides avec concr. et/ou coulées de boue		F1		2	F2		3	R1		1,01	B/C/D/E/G1/G2
G1- Fissures/fractures verticales (repérées α)						Moellons et béton projeté		R2		1,01	B/C/D/E/G1/G2
(Nombre ↓) / (Type →)		Fissure		Note	Fracture		Note	R3		1,01	B/C/D/E/G1/G2
1 fissure ou fracture		G10		5	G11		12	R4		1,01	B/C/D/E/G1/G2
2 ou + fissures ou fractures		G12		20	G13		30	R5		1,01	B/C/D/E/G1/G2
G2- Fissures/fractures horizontales (repérées β)						Béton projeté		R6		1,01	B/C/D/E/G1/G2
(Nombre ↓) / (Type →)		Fissure		Note	Fracture		Note	R7		1,1	B/C/D/E/G1/G2
1 fissure ou fracture		G20		5	G21		12	r- Cond. exploitation au dessus du mur			
2 ou + fissures ou fractures		G22		20	G23		30	Coeff.		Note	Applicable à
V- Végétation						Béton non armé		r1		1,05	C/E/G1/G2
Localisée		Note	Généralisée		Note	Béton armé		r2		1,03	C/E/G1/G2
Végétation non arbustive		V1		3	V2		5	r3		1,02	C/E/G1/G2
Végétation arbustive		V3		5	V4		7	r4		1,01	C/E/G1/G2
T- Avaries sur les fosses						Chemin Rural		r5		1,01	C/E/G1/G2
(Fossé ↓) / (État →)		Moyen		Note	Mauvais		Note	r6		1,01	C/E/G1/G2
De pied		T1		3	T2		5	r7		1,01	C/E/G1/G2
De tête		T3		5	T4		7	IN 1260 :			
K- Avaries sur parapets (pas pris en compte dans la note de l'état)						Cours d'eau		Σ Notes :		113 / 274	
(Hauteur ↓) / (État →)		Bon	Note	Moyen	Note	Mauvais	Note	Note :		41 / 100	
h réglementaire		K1		50	K2		70	Σ Notes à 10 ans :		119 / 274	
h non réglementaire		K3		80	K4		90	Note à 10 ans :		43 / 100	
IN 07797 :						Gravité 1		Assez faible	N1		Assez bon
						Gravité 2		Faible	N2		Moyen
						Gravité 3		Moyenne	N3		Médiocre
						Gravité 4		Forte	N4		Dégradé
						Gravité 5		Très forte	N5		Très Dégradé
						Niveau de gravité :			Niveau d'état :		

Figure 26 : Cotation de la paroi revêtue (IN1260) et objectivation de la cotation (IN07797)

- Note d'état = 41/100 soit un niveau d'état N5 (très dégradé)
- Niveau de gravité = G4 (forte)
- Vitesse de la ligne 130km/h
- Ouvrage dans une courbe
- Distance au rail < hauteur

→ Le système de cotation SNCF est différent de la Cotation IQOA

Tranchée rocheuse revêtue



• Analyse de risque

Analyse de risque

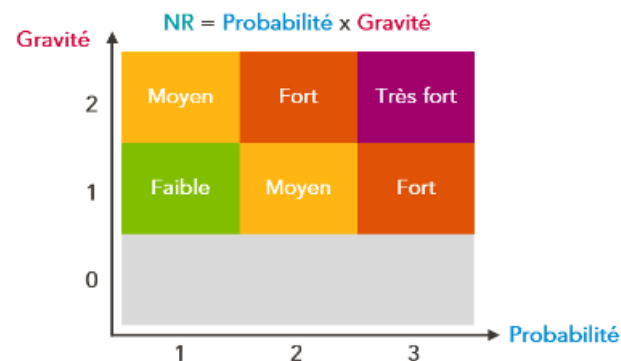
Analyse de risque	Durabilité	Structurel	Circulations ferroviaires	Sécurité des personnes
Impact	Impact limité (vieillesse prématurée d'une partie de l'ouvrage)	Impact limité (déformation excessive/rupture locale)	Impact important (blessés graves ou décès)	Aucun impact
Niveau de risque	Moyen	Moyen	Fort	Pas de risque ou risque négligeable

Evénement / phénomène redouté : Rupture de l'ouvrage du Pm 130 à 168
 Probabilité : Court terme : entre 1 et 6 ans
 Niveau de risque maximal : Fort
 Impact correspondant au niveau de risque maximal : Impact circulations ferroviaires
 Mesure conservatoire différée : Oui
 Description mesure conservatoire : Mise en place d'une limitation temporaire de vitesse



• Conclusion

- Travaux à réaliser dans les 3 ans
- Mise en surveillance renforcée avec visite mensuelle





JOURNEES NATIONALES
MACONNERIE

5ème édition – Bordeaux

12 et 13 Juin 2025



Phase étude

Phase étude



- **Entrée en périmètre étude**

- Données d'entrée existantes

- Analyse des archives (Plan de constructions, événements passés, historique des travaux...)
 - Historiques des anciens PV
 - Fiabilisation du relevé d'avarie réalisé en phase surveillance

- **Investigations complémentaires**

- Il est nécessaire de réaliser certaines prestations d'investigations en amont (reconnaissance géotechnique, carottages, photogrammétrie...)

Phase étude

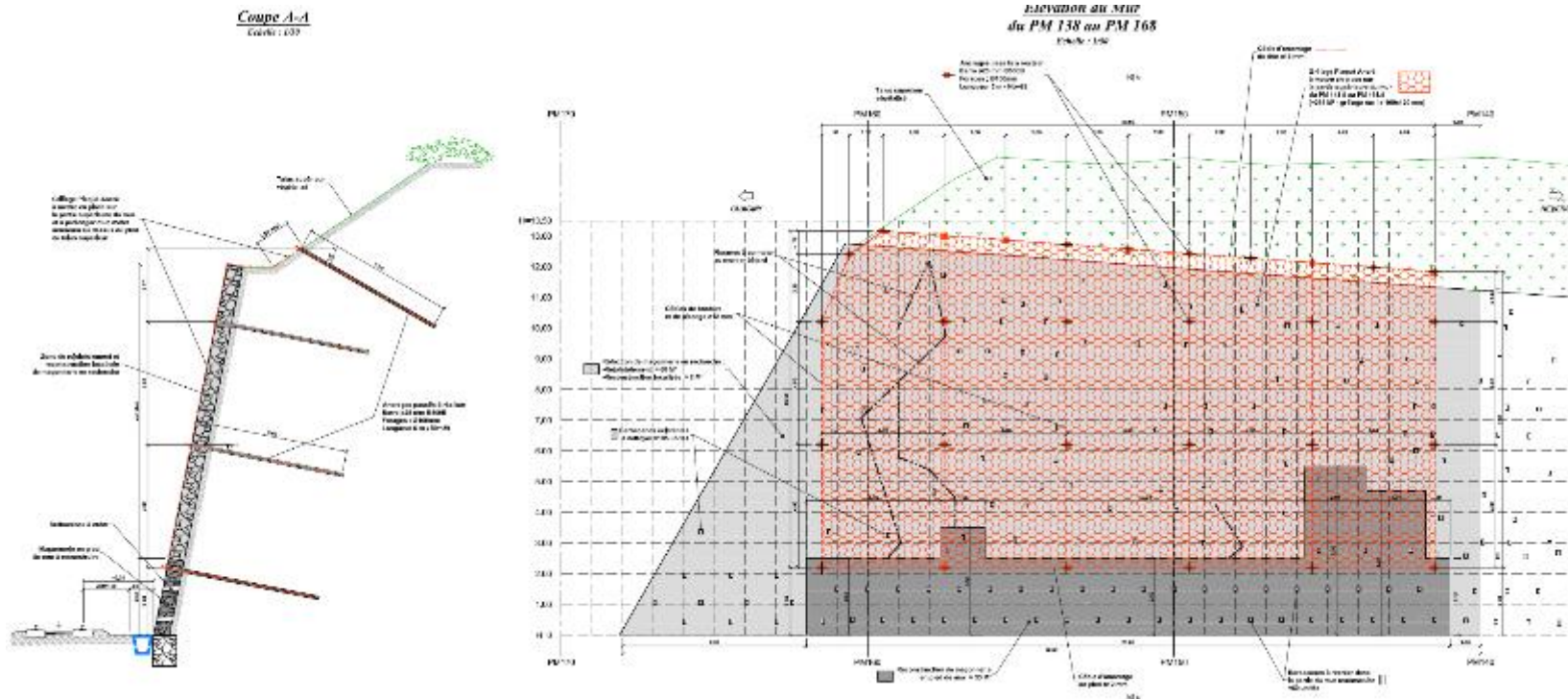


- Recherche des solutions techniques
 - 1^{er} critère: Sécurité des circulations
 - 2^{ème} critère: Délai de réalisation court à la vue des travaux à réaliser
 - 3^{ème} critère : Intégration dans un programme travaux déjà établi
 - 4^{ème} Critère : Equilibre financier du Budget

Phase étude



- Choix de restauration Mixte ouvrage en terre/Ouvrage d'Art
- Technique de reconstruction de maçonnerie sur les parties basses
- Une technique de confortement type Ouvrage en terre avec la mise en place d'un grillage plaqué ancré pour la partie supérieure.





- Choix des matériaux

- Préconisation d'un type de pierre avec des propriétés intrinsèques définies (résistance au gel, capillarité minimum, résistance à la compression élevée, de nature géologique « similaire »)
 - Fournisseur: Rocamat
 - Type de pierre: Massangis (Région Bourgogne) distance 100 kms du chantier
 - Résistance à la compression : 72 Mpa
 - Porosité ouverte: 13,4 %
 - Résistance au gel : 168 cycles (Ouvrage soumis à 90 jours de gel par an)
- Utilisation d'un mortier bâtard Chaux/Ciment (1/3 ciment 2/3 Chaux NHL 3,5)
 - Chaux NHL 3,5 : Chaux Pure Blanche LC de chez Saint Astier
 - Ciment : Lafarge CEM II (Ciment NF EN197-1)
- Sable
 - Sable 0/4 alluvionnaire lavé



JOURNEES NATIONALES
MACONNERIE

5ème édition – Bordeaux

12 et 13 Juin 2025



Phase travaux

Phase travaux



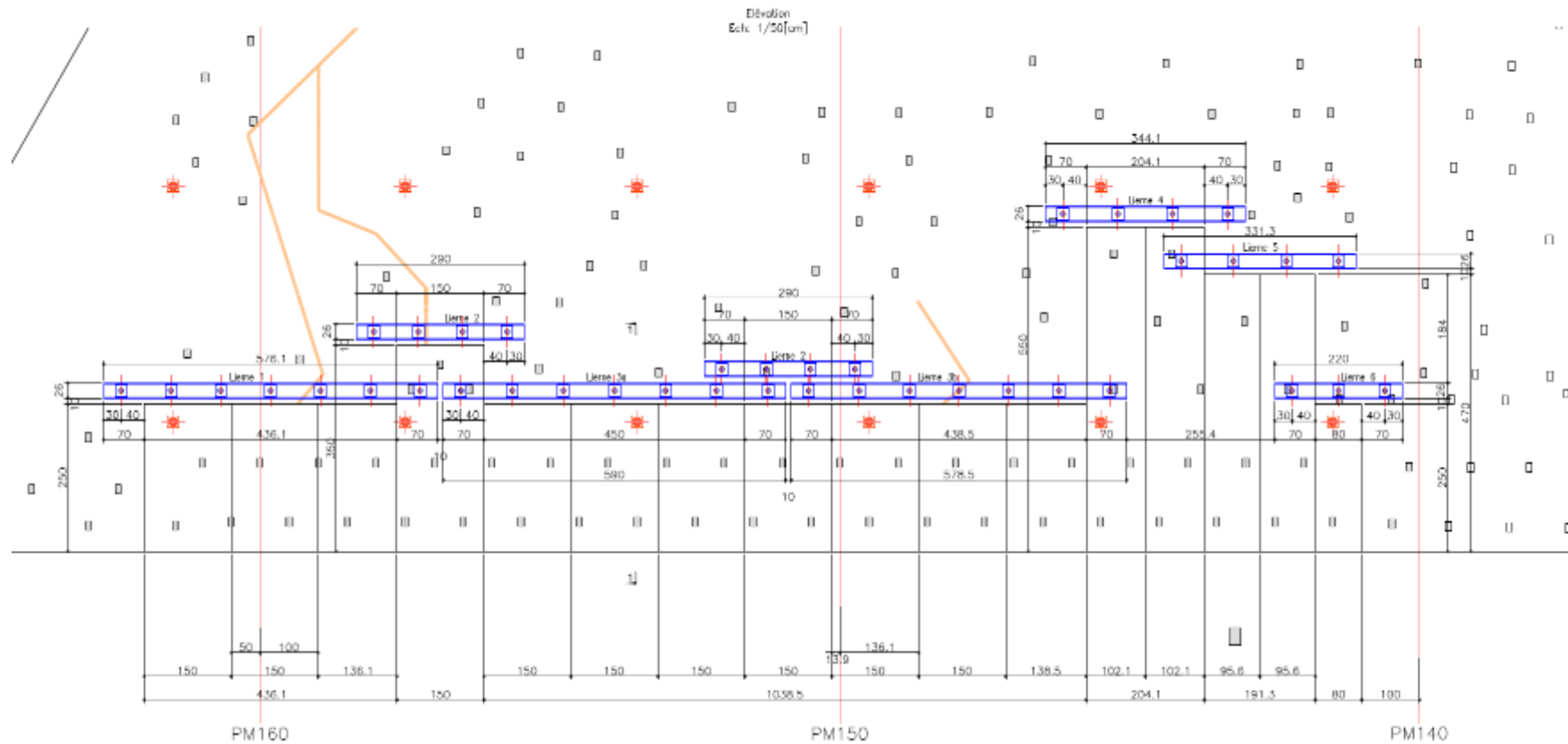
- Nettoyage de la zone à traiter et mise à jour du relevé d'avarie



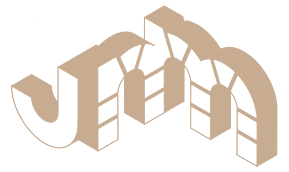
Phase travaux



- Plan d'exécution pose des liernes



Phase travaux



- Pose des liernes

- Dimensionnement du dispositif par un bureau d'étude:
 - UPN 260
 - Barres GEWI 40 en 3ml
 - Forage 90mm



Phase travaux



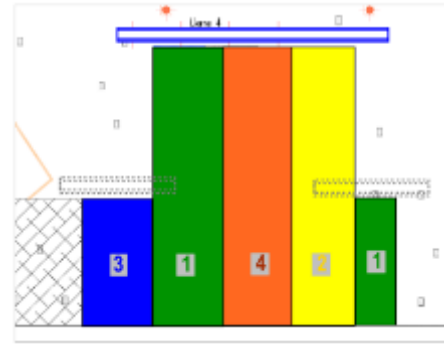
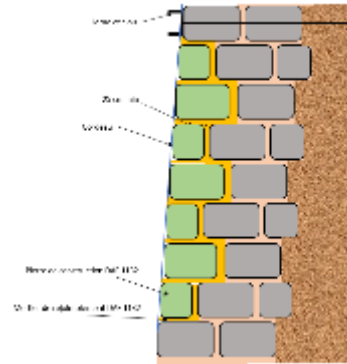
- Déconstruction de la maçonnerie
 - Vérification journalière de l'état des liernes et du parement surplombant au fur à mesure des travaux



Phase travaux



- Reconstruction par plot



- Un plan de calepinage et de phasage
- Plots 1,5m de long alterné, 1 plot sur 3
- Harpage entre l'ancienne maçonnerie et la nouvelle
- Attention particulière sur la dernière assise de moellons (joint maxi = 3cm) pour raccord avec la maçonnerie existante

Phase travaux



- Pose du grillage plaqué ancré.



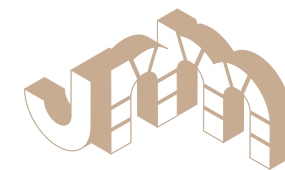
- Travaux acrobatiques
- 1 ancrage pour environ 8m²
- Profondeur des ancrages : de 5m
- Pose d'un grillage double torsion
- Câbles de plaquage
 - Périphériques
 - Verticaux à chaque ligne d'ancrage

Phase travaux



- Le chantier en quelques chiffres
 - Durée du chantier global : 40 jours
 - Maçonnerie de moellon: 35 m³
 - Rejointoiement 60 m²
 - Linaire d'ancrage : 145 ml
 - Grillage plaqué ancré: 265 m²

Conclusion



- Les contraintes d'exploitation ferroviaire nous ont confrontés à la nécessité de faire des compromis sur les techniques de réparation. (technique mixte OA/OT)
- Cependant, malgré ces défis, l'expertise des intervenants sur le projet, ainsi que la compétence des équipes de travaux ont permis de renforcer et de pérenniser la tranchée rocheuse.





Merci de votre attention

Contact :

Romain BOULESTIN

Fabien MAURY

Damien MICHEL

fabien.maury@reseau.sncf.fr

romain.boulestin@reseau.sncf.fr

damien.michel@reseau.sncf.fr

Journées Nationales de la Maçonnerie

5ème édition | Bordeaux

12 et 13 juin 2025