

IMGC

ADAPTATION DES OUVRAGES EN MAÇONNERIE AUX NOUVELLES CONDITIONS DE SERVICE

Journée Technique
Vendredi 21 septembre 2017
à l'Amphithéâtre AUGUSTE BRULÉ

Réhabilitation des deux viaducs d'accès au pont Eiffel de Cubzac-les-Ponts

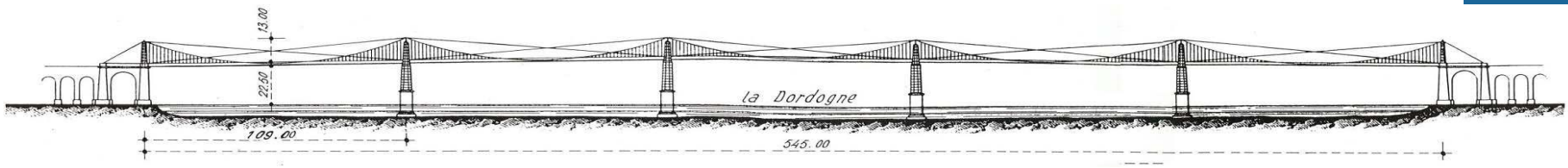
J-P LEVILLAIN

Réhabilitation des viaducs en maçonnerie d'accès au pont Eiffel de CUBZAC



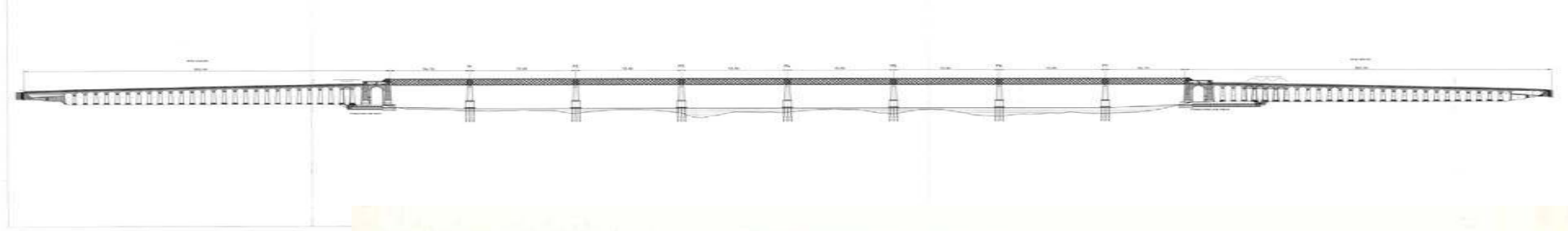
- L'ouvrage et son histoire,
- Le projet d'ajout d'une passerelle pour les liaisons douces,
- L'environnement géo mécanique et le comportement des viaducs,
- Le bilan du diagnostic de comportement et d'état et les grands principes du projet de restauration,
- Le renforcement des fondations de la pile-culée rive droite,
- La restauration en maçonnerie des 58 voûtes.

1832 - la construction d'un pont suspendu de 500 m de long sur la Dordogne et des deux viaducs d'accès de 252 m chacun

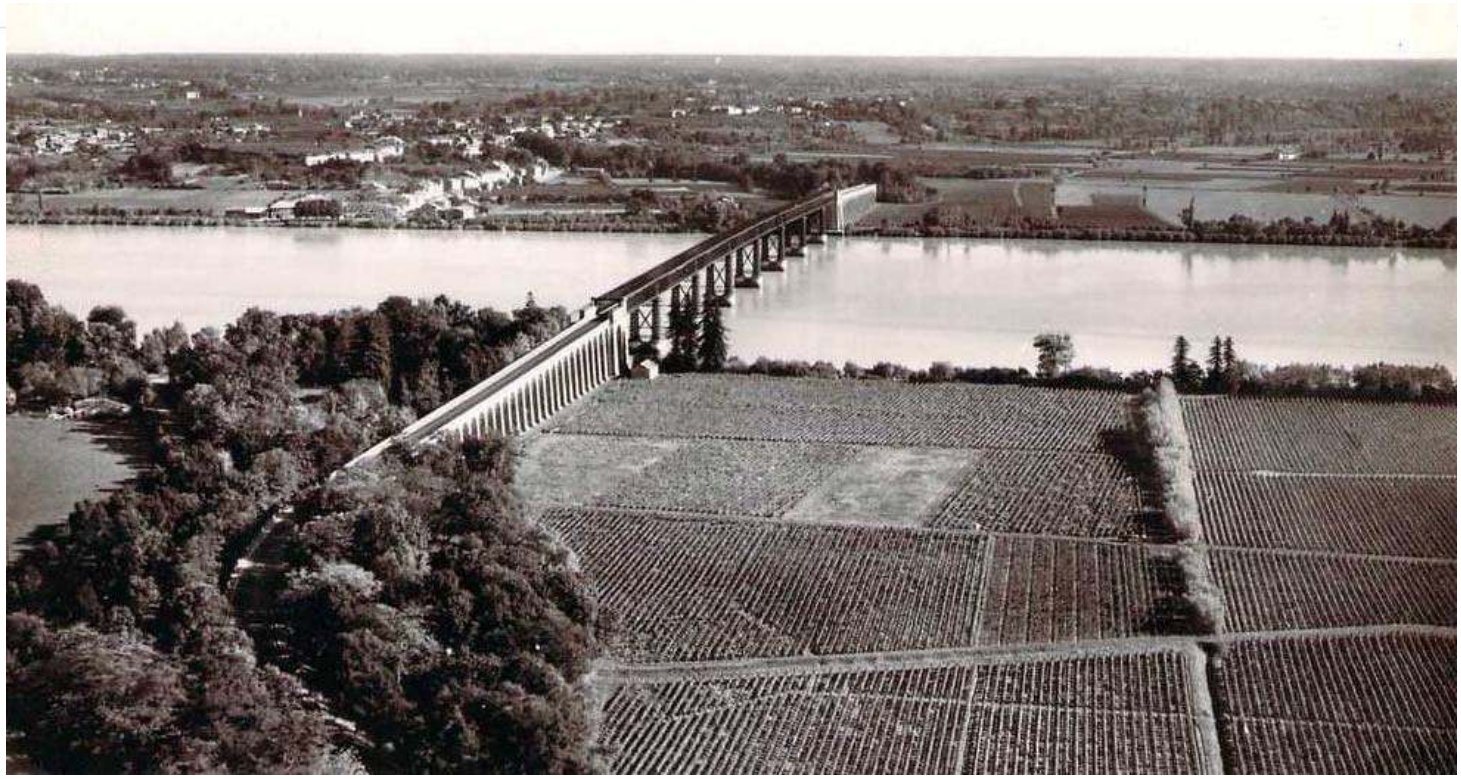




1880 : la reconstruction du franchissement de la Dordogne par un pont Eiffel





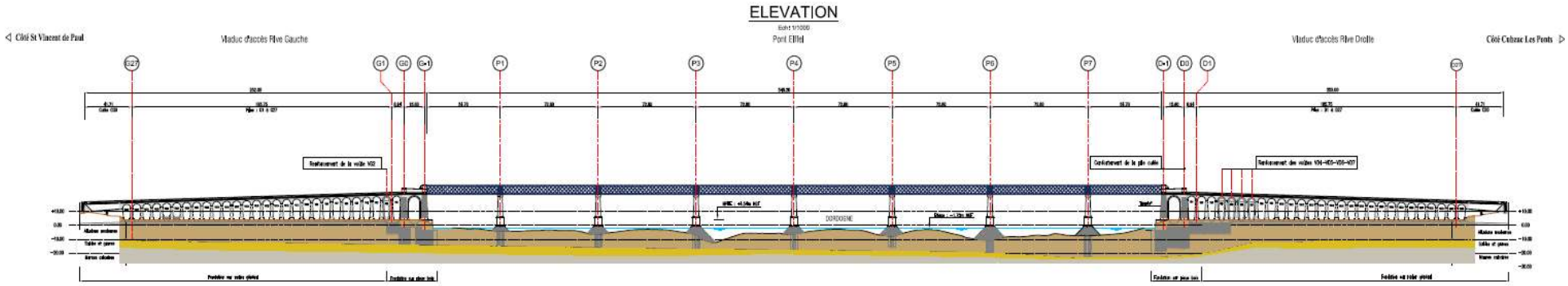


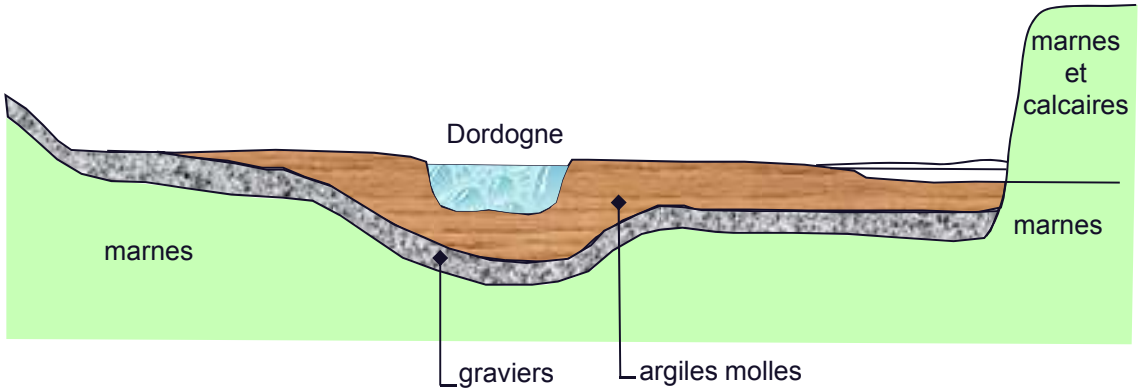
2014 – le concours : la restauration des viaducs en maçonnerie et l'ajout d'une passerelle en encorbellement

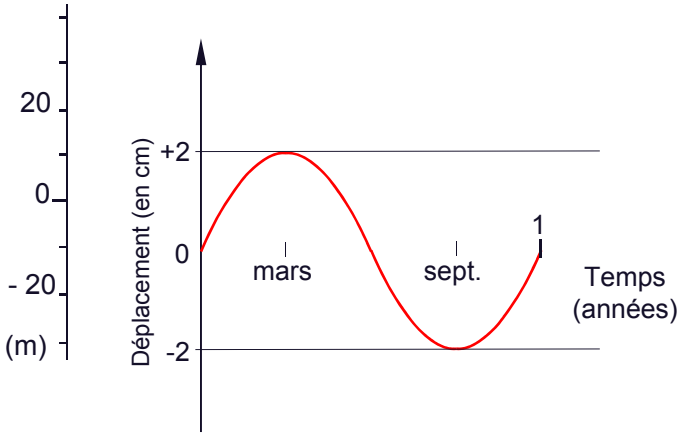




Connaissance de l'environnement géologique et géotechnique des deux viaducs. Un contexte difficile pour les ouvrages.

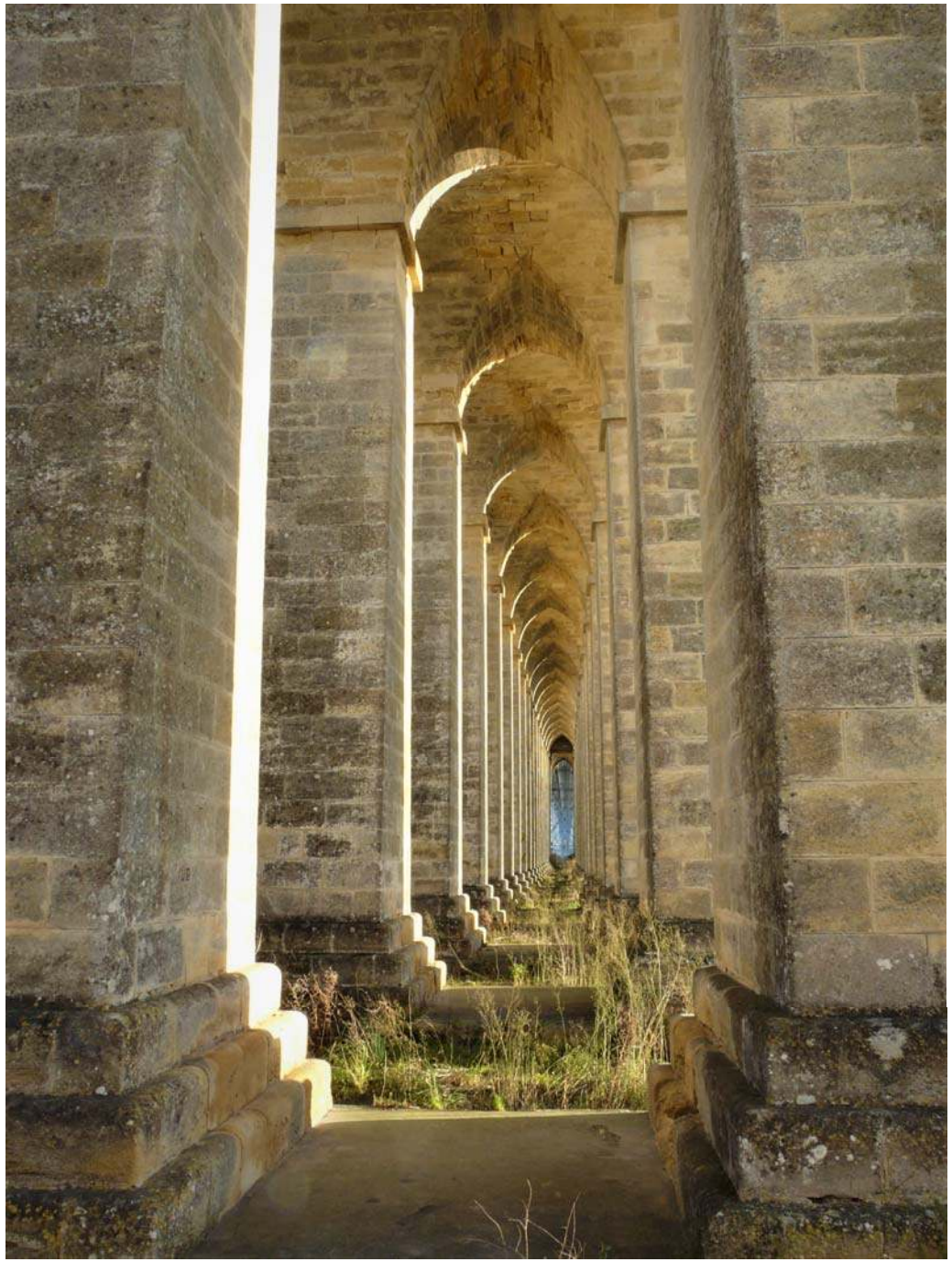






Conception des viaducs en maçonnerie : des ouvrages légers, 28 voûtes en plein cintre de 5,84 m d'ouverture et une voûte de 8 m



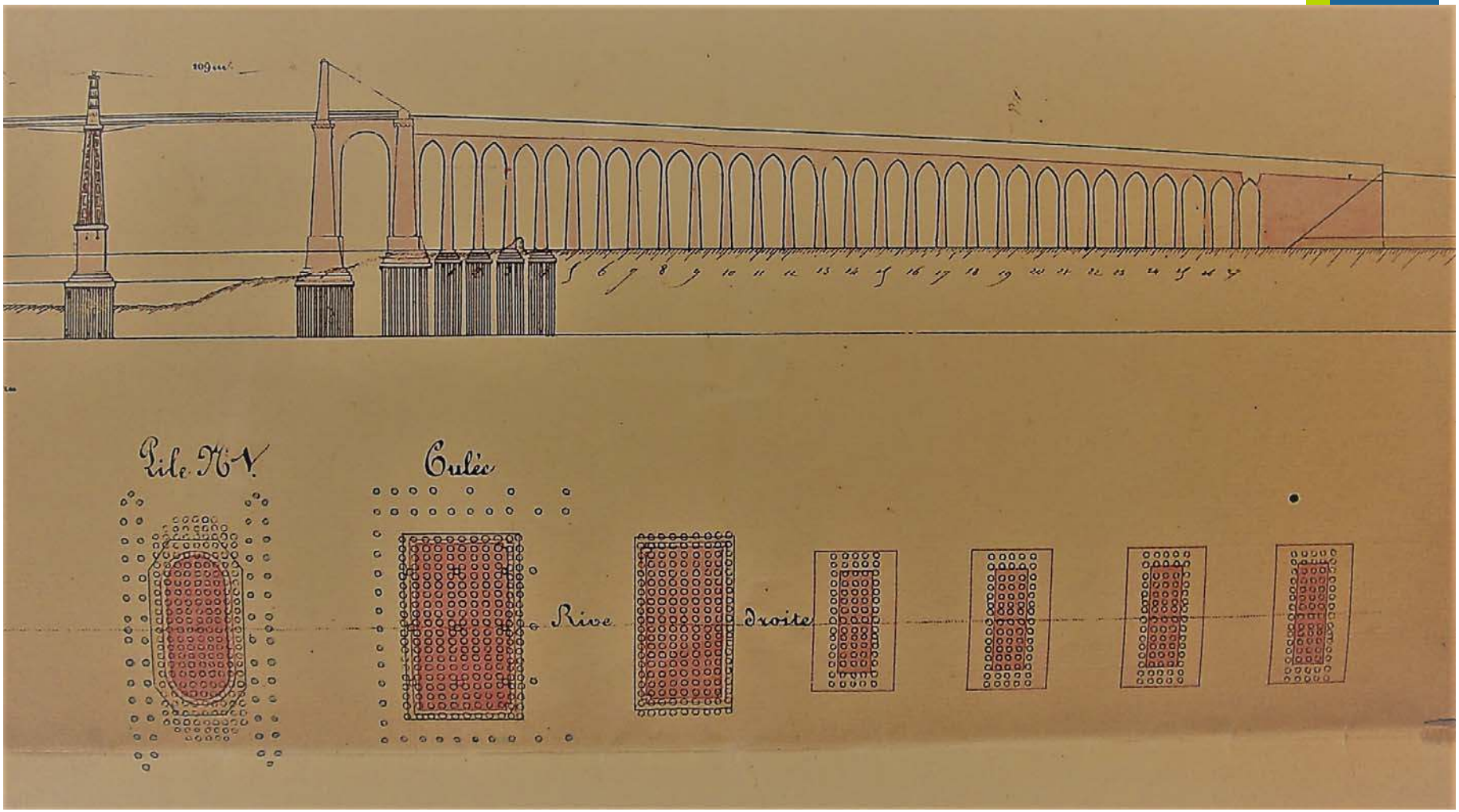


Une voûte longitudinale

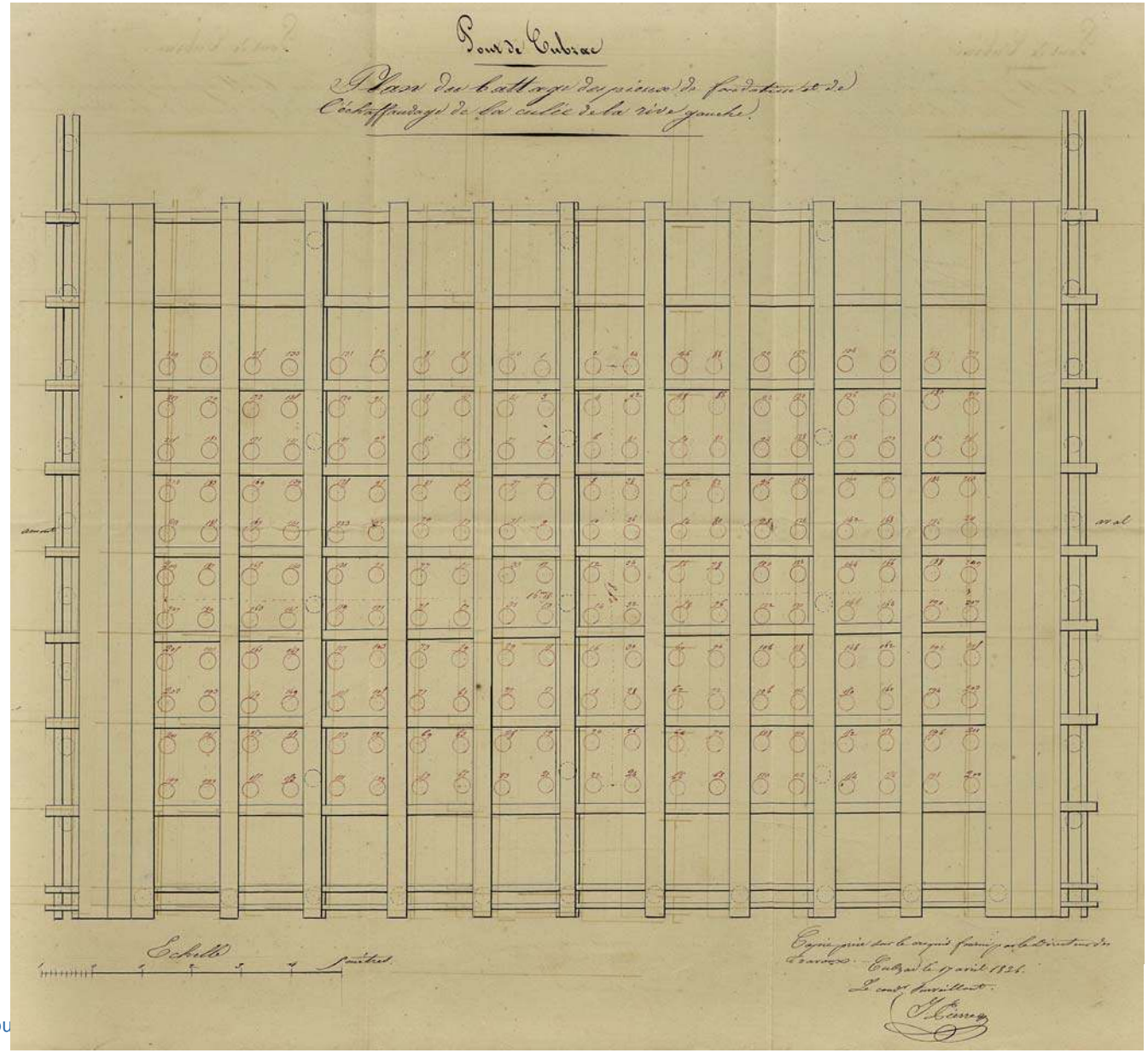
d'élégissement

en arc brisé de 3,50 m d'ouverture

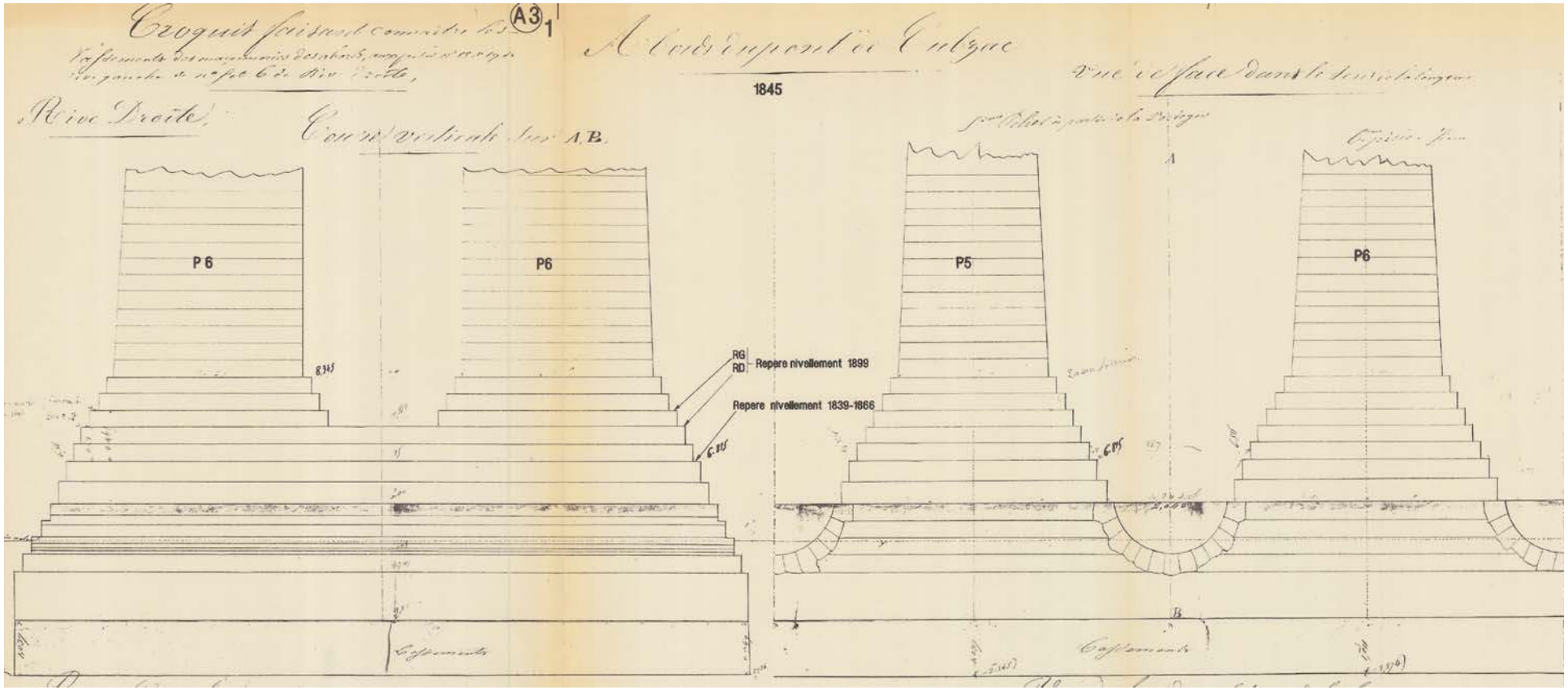
Extrait du dossier d'exécution de 1832
les fondations du viaduc rive droite



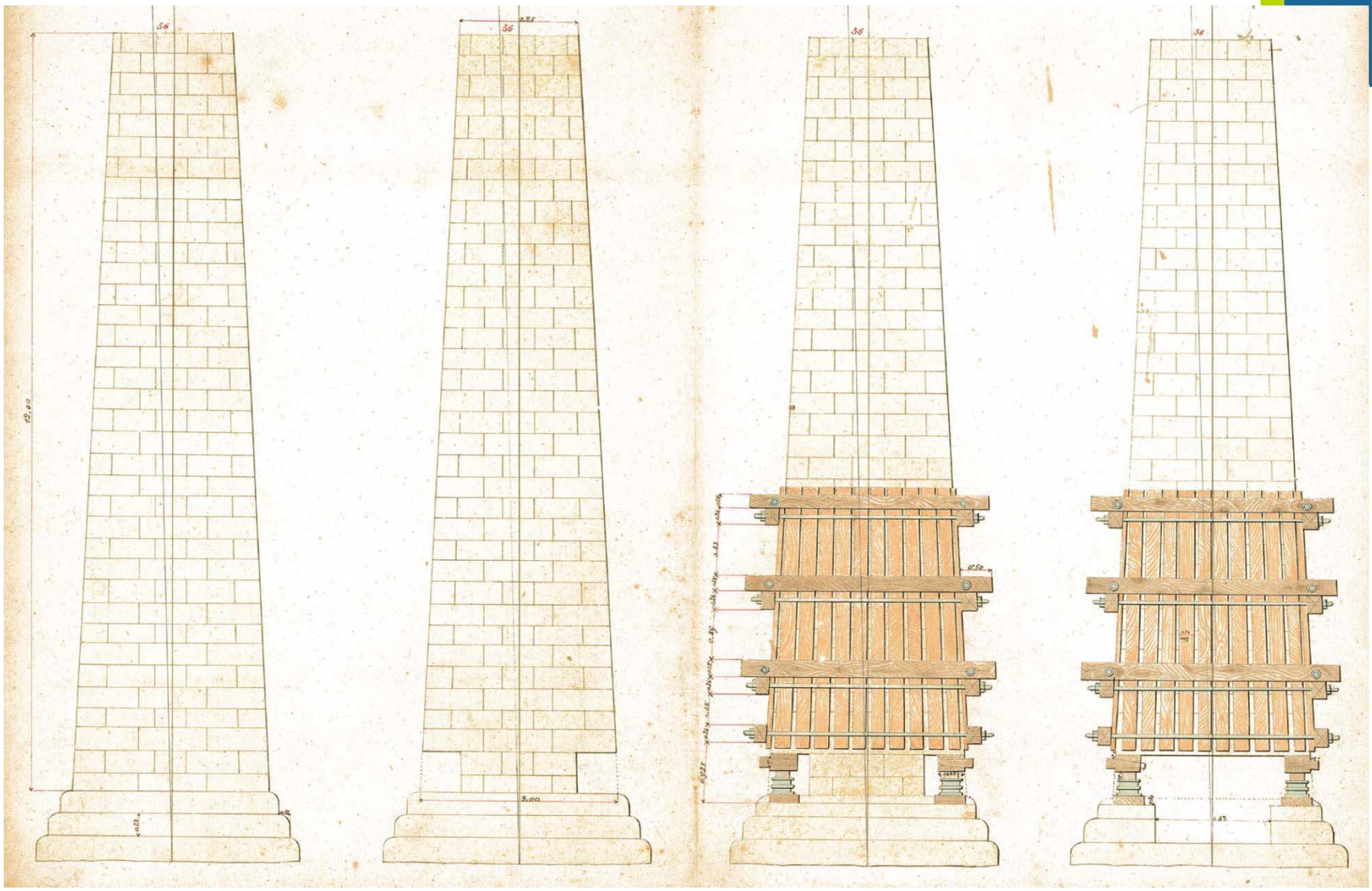
Plan de pilotage des fondations de la pile-culée rive gauche



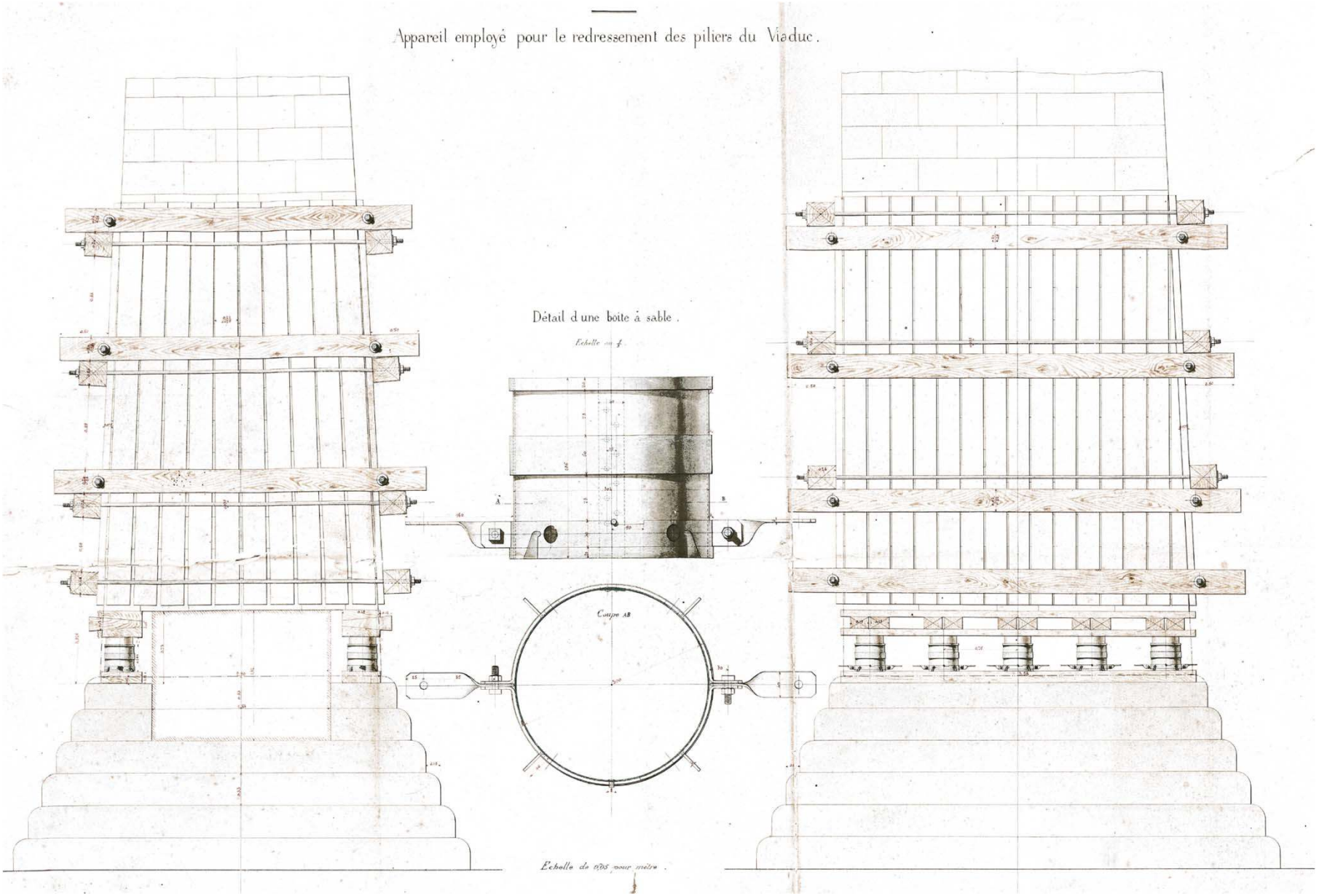
Elévation et coupe transversale sur appui courant établi sur radier. Tassement métrique en 1845 – 12 ans après la construction.



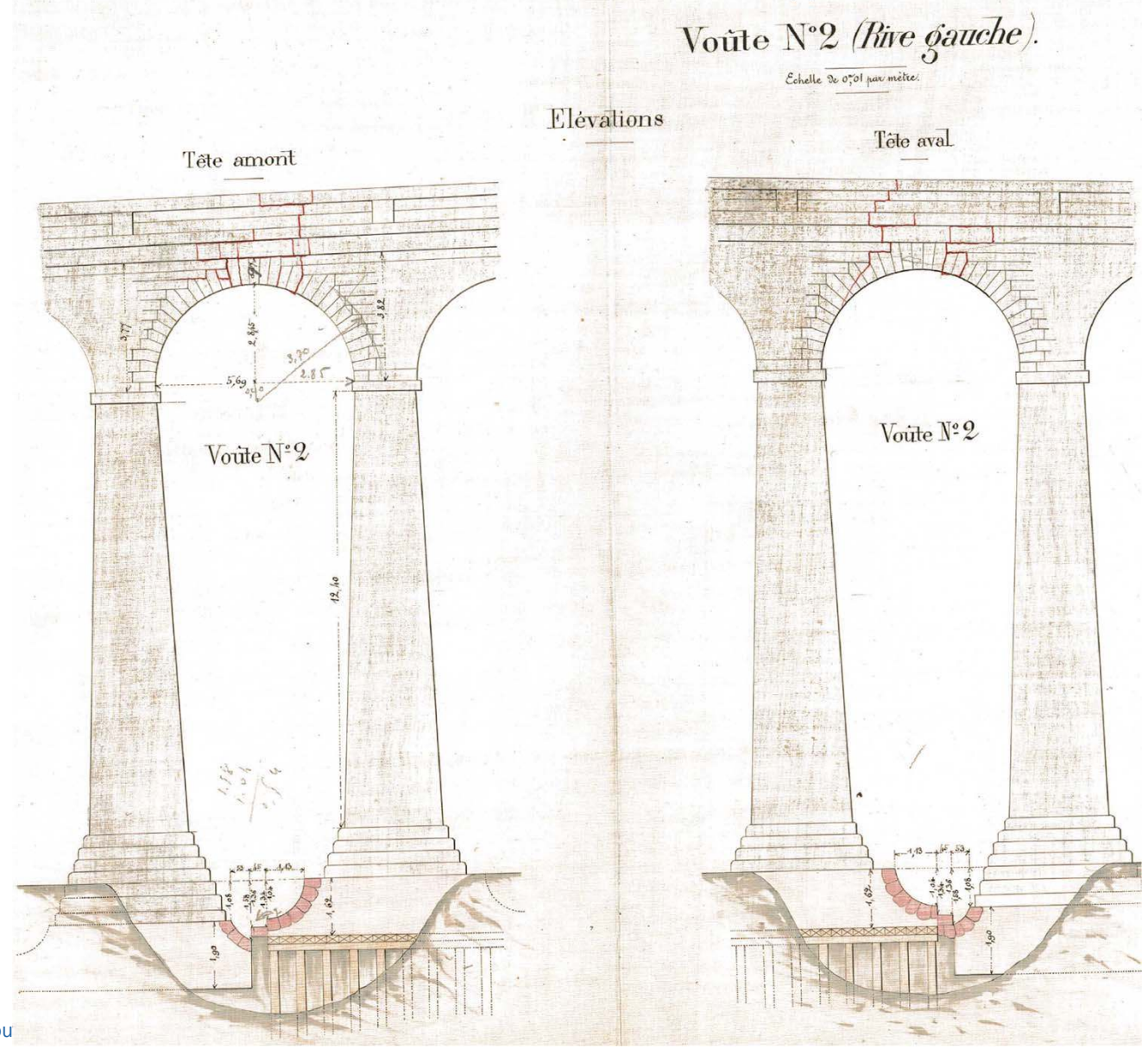
Redressement des piliers déversés par démontage des voûtes et refouillement en sous œuvre



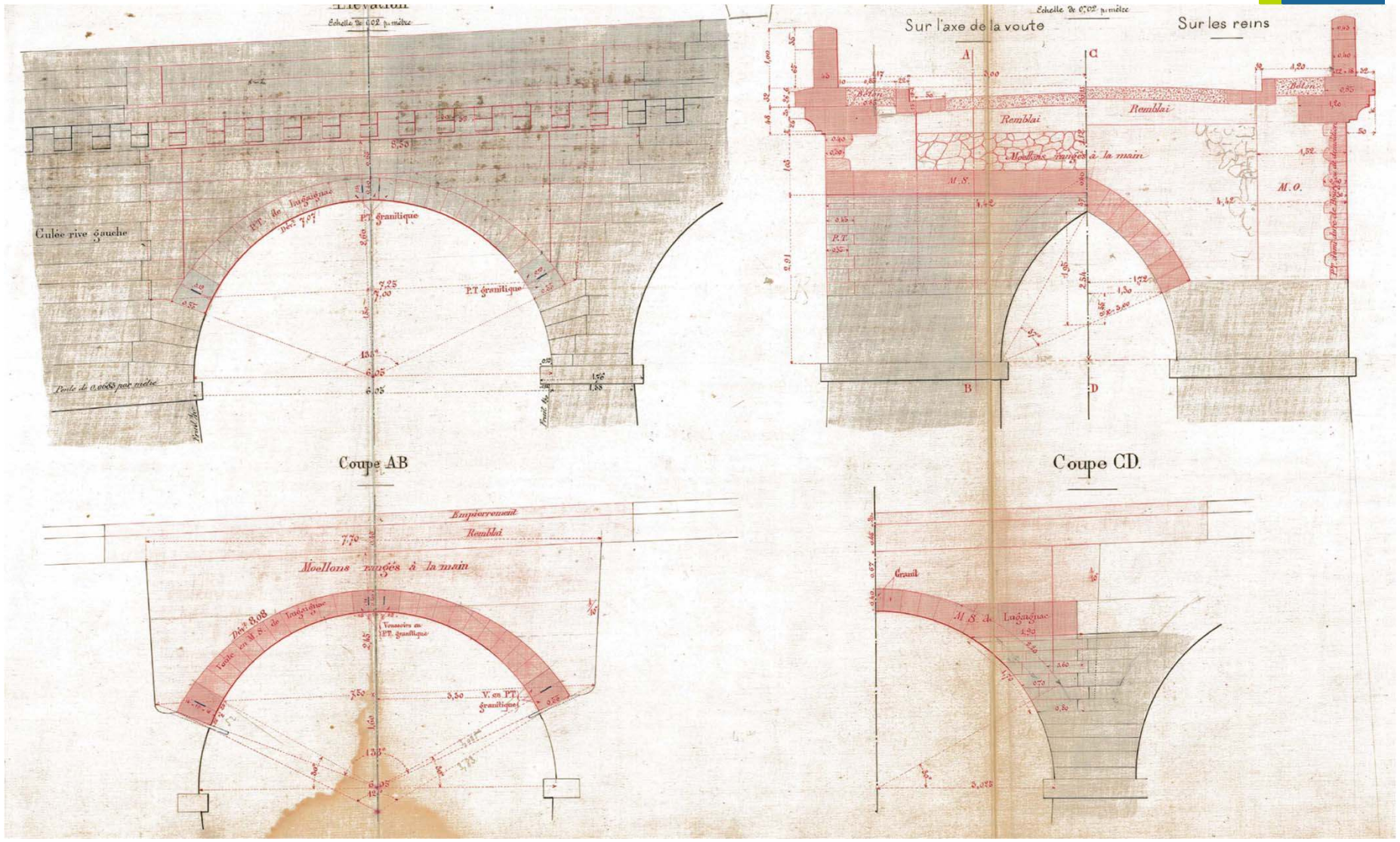
Redressement des piliers déversés à l'aide de boîtes à sable



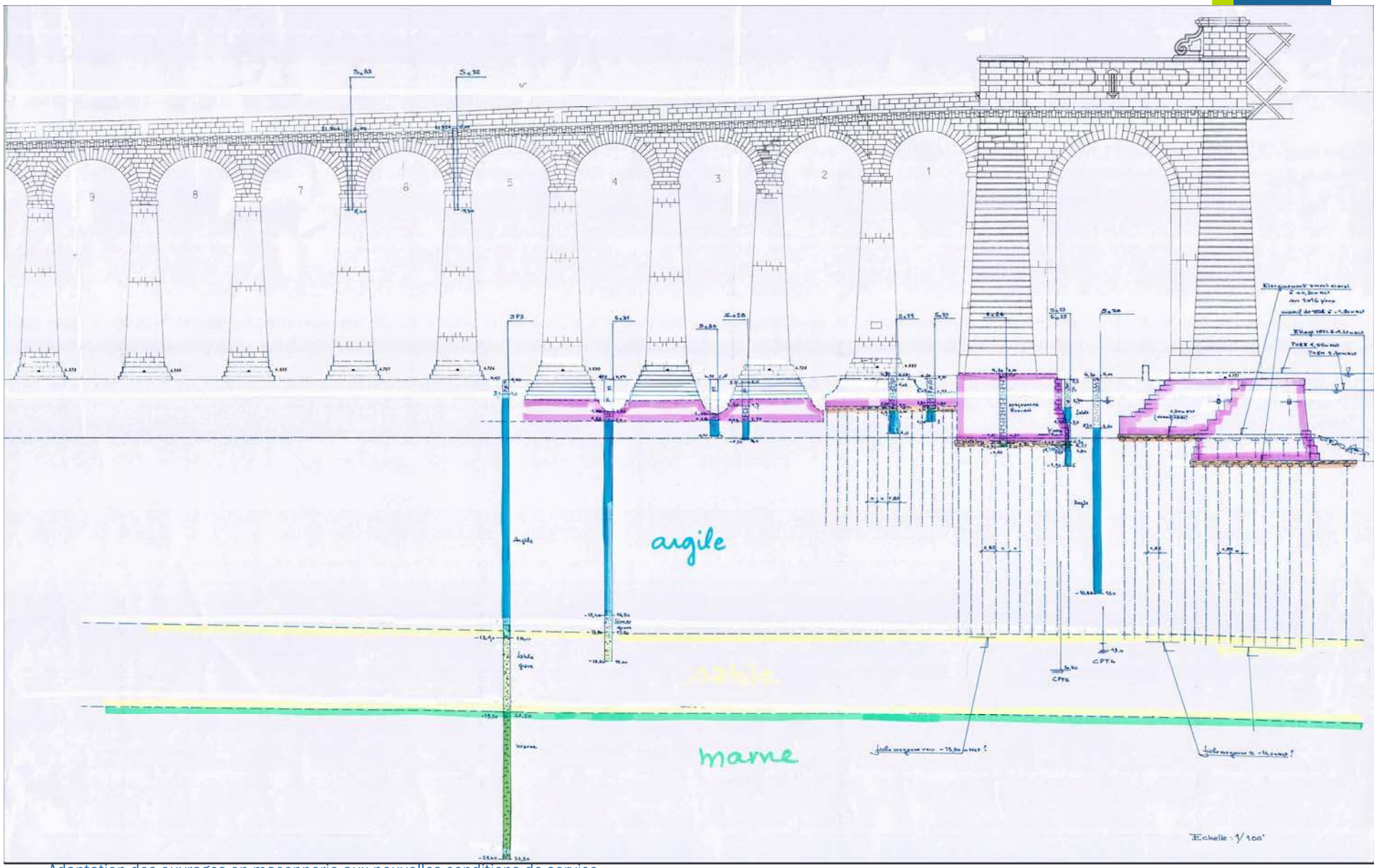
Tassement différentiel entre les piles G1 et G2 rive gauche, cassures dans la voûte VG2 et dans le radier général en 1898



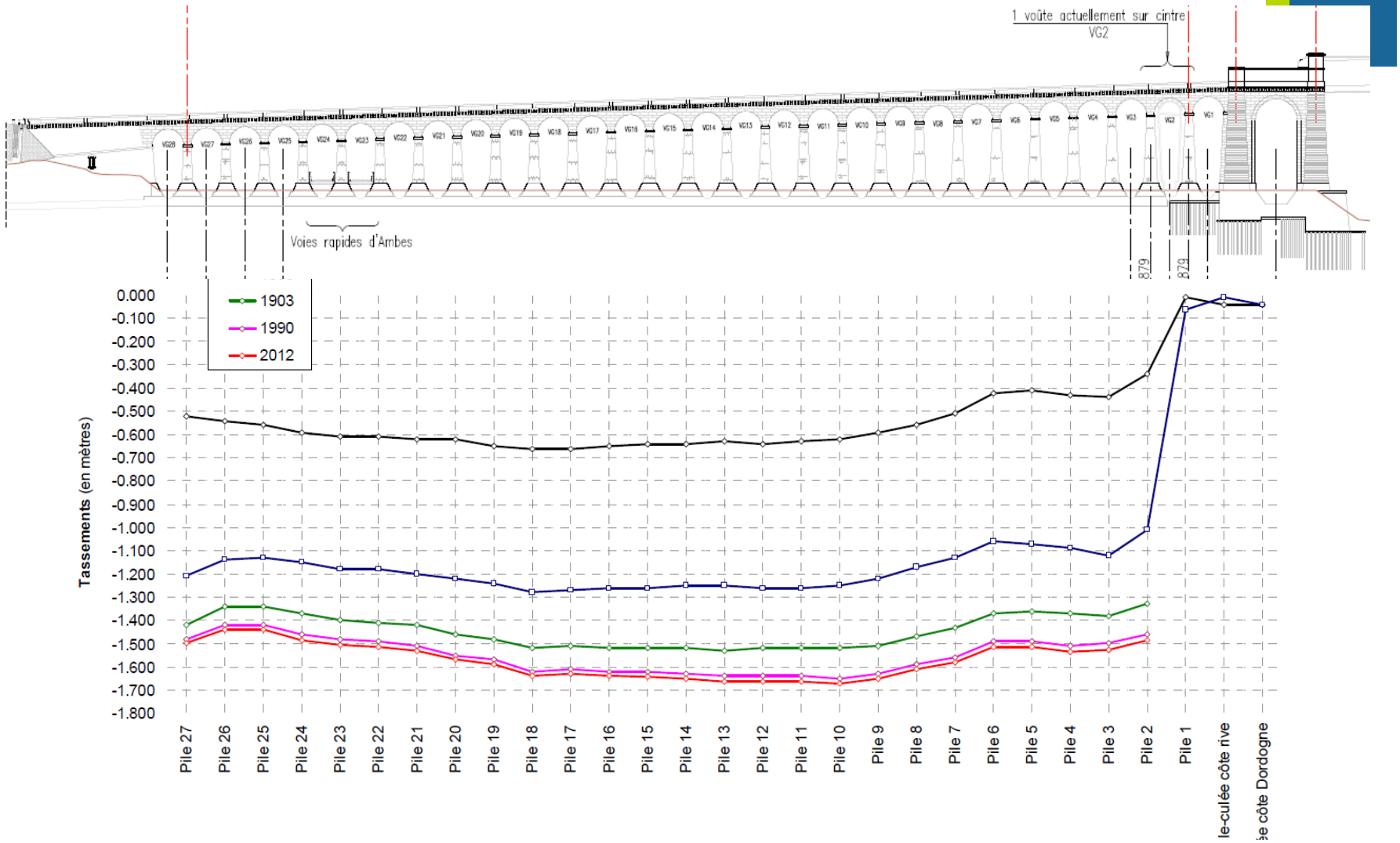
Reconstruction des voûtes dont les appuis présentent des grands tassements différentiels, exemple : VG2 rive gauche



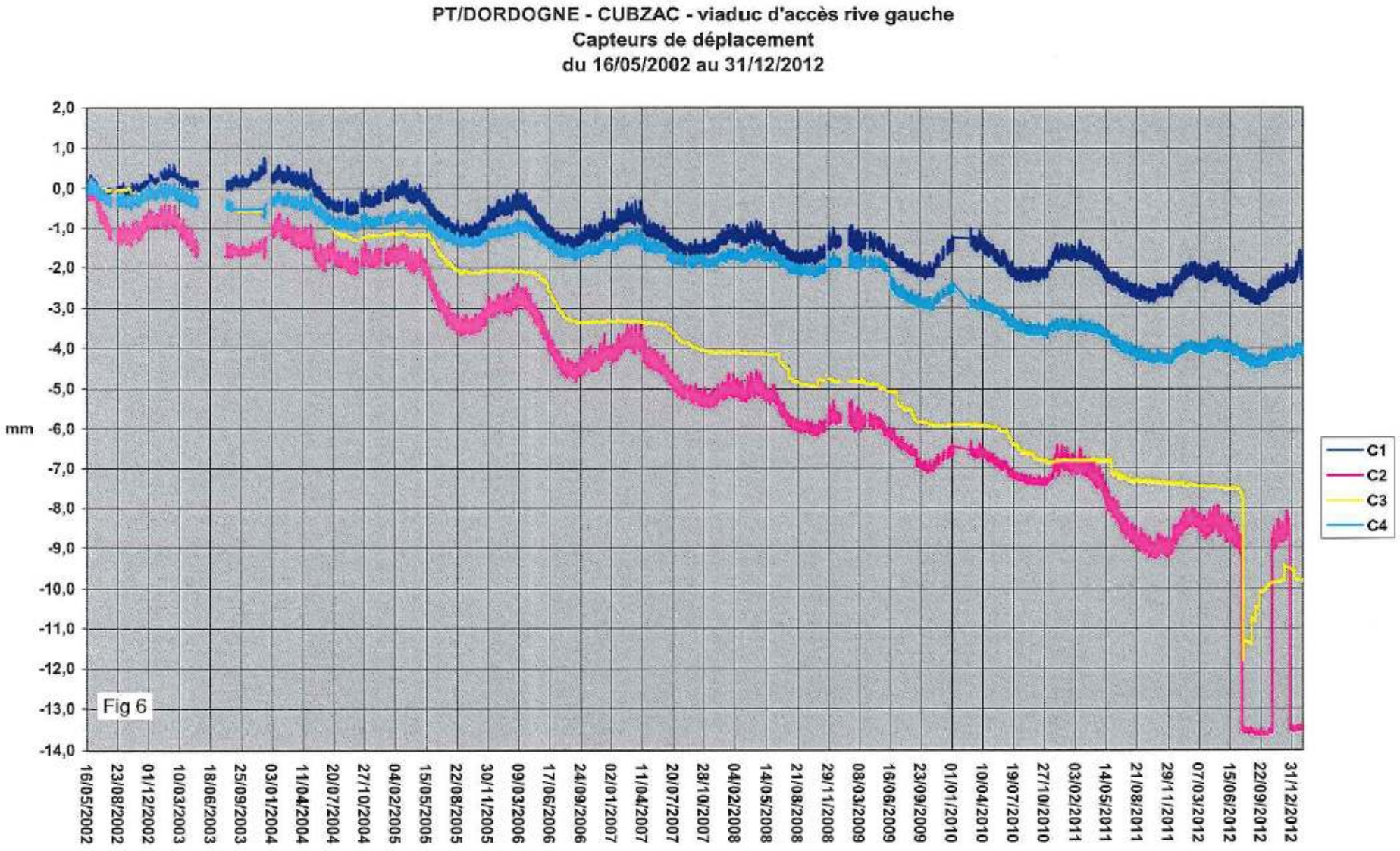
Elévation coupe amont du viaduc rive gauche



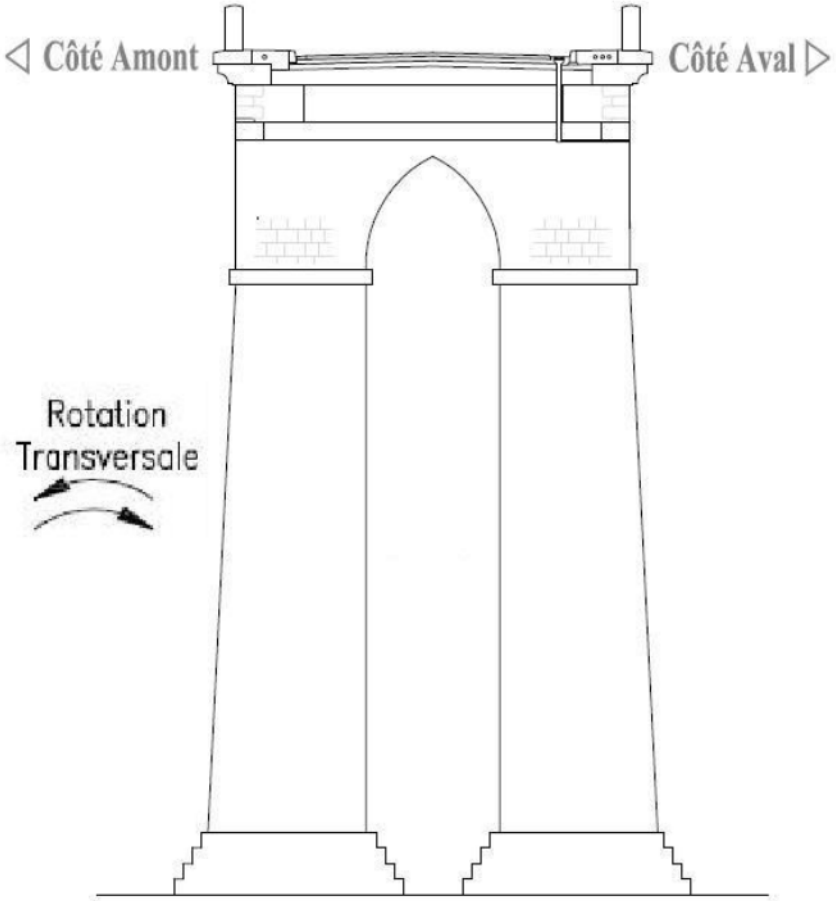
Evolution des tassements absolus des piles du viaduc rive gauche

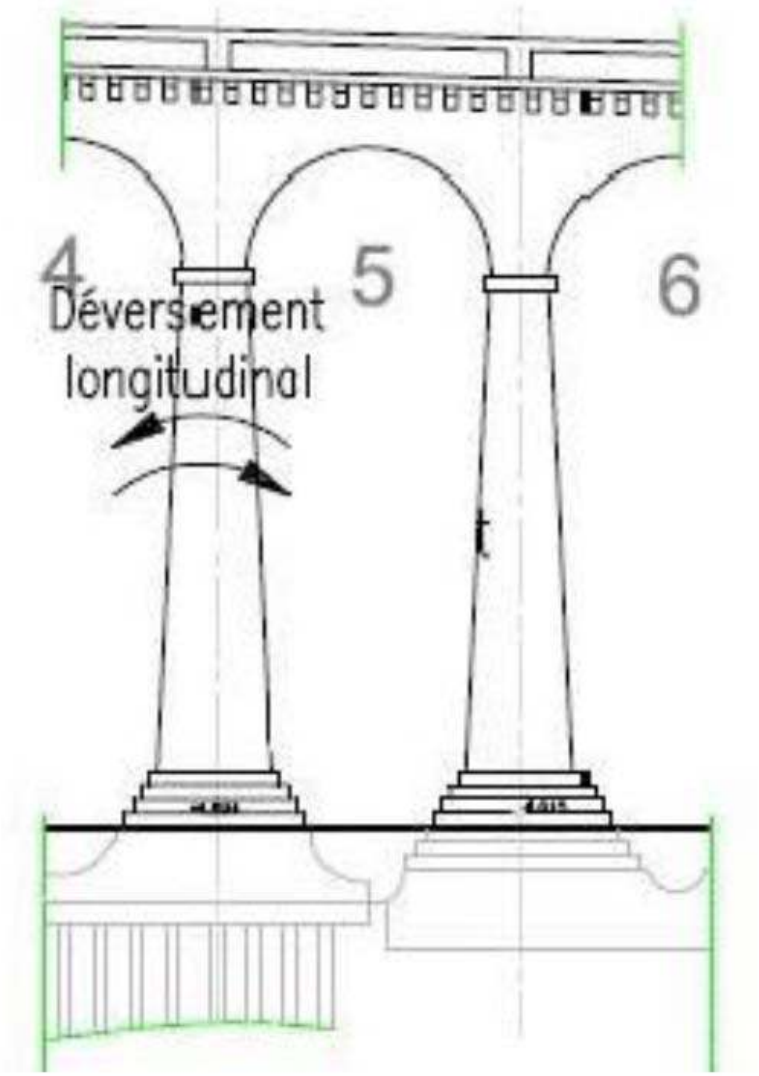


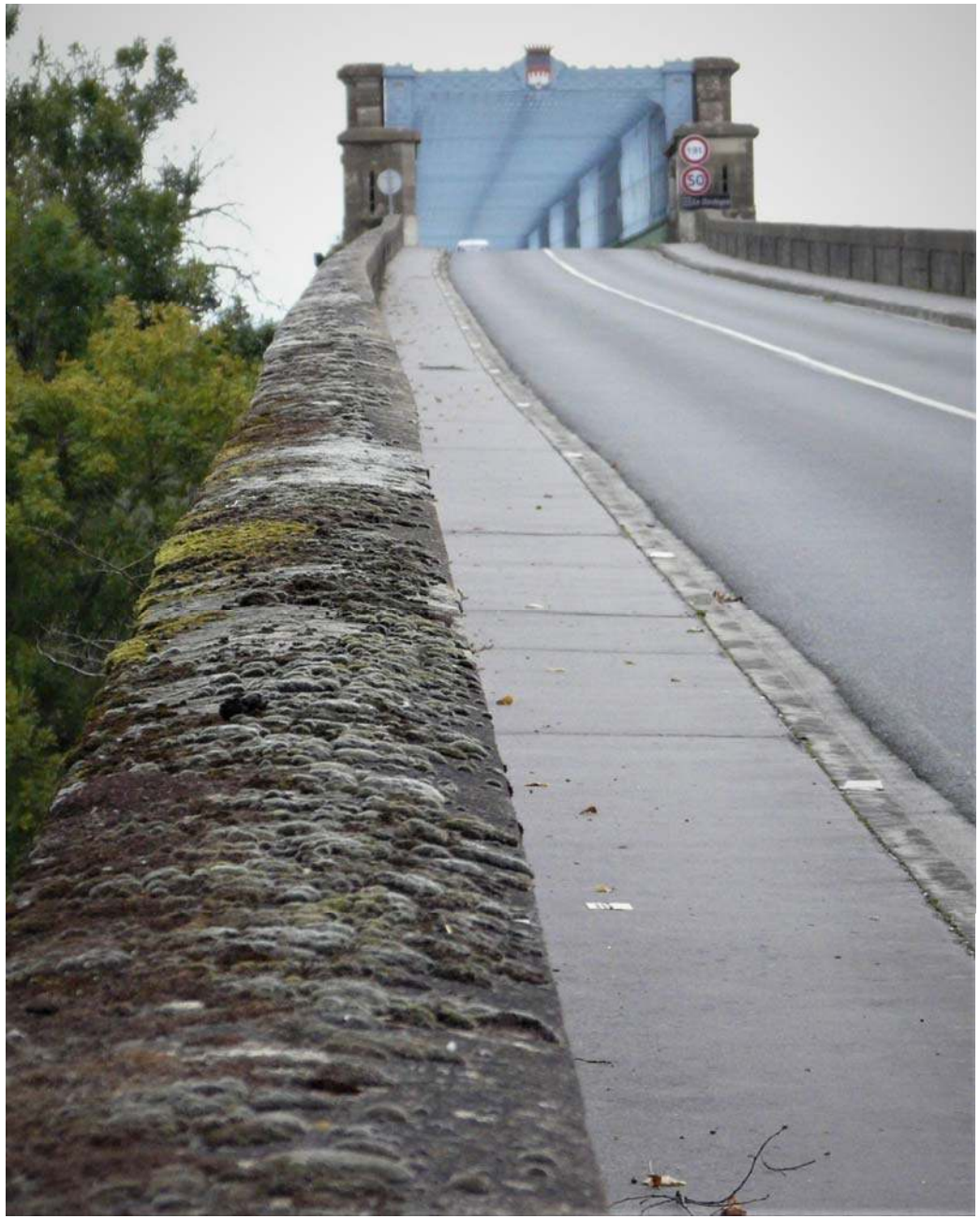
Tassements des piliers G1 et G2 du viaduc rive gauche de 2002 à 2012



Actions des tassements différentiels et de la température



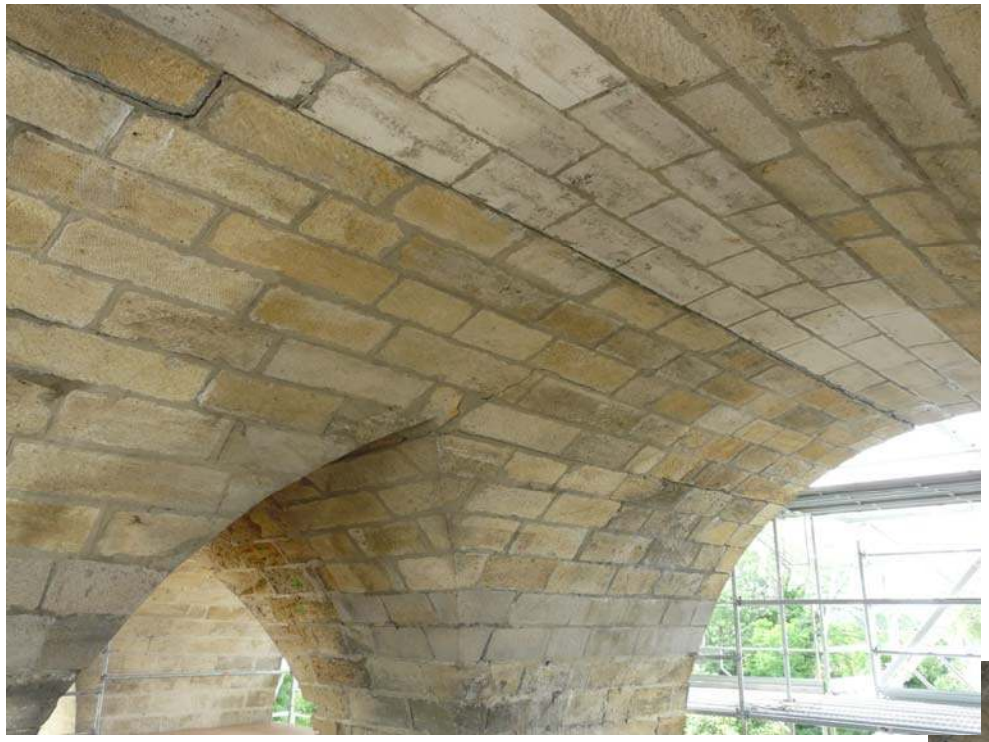




Viaduc rive gauche

déversement transversal

vers l'aval

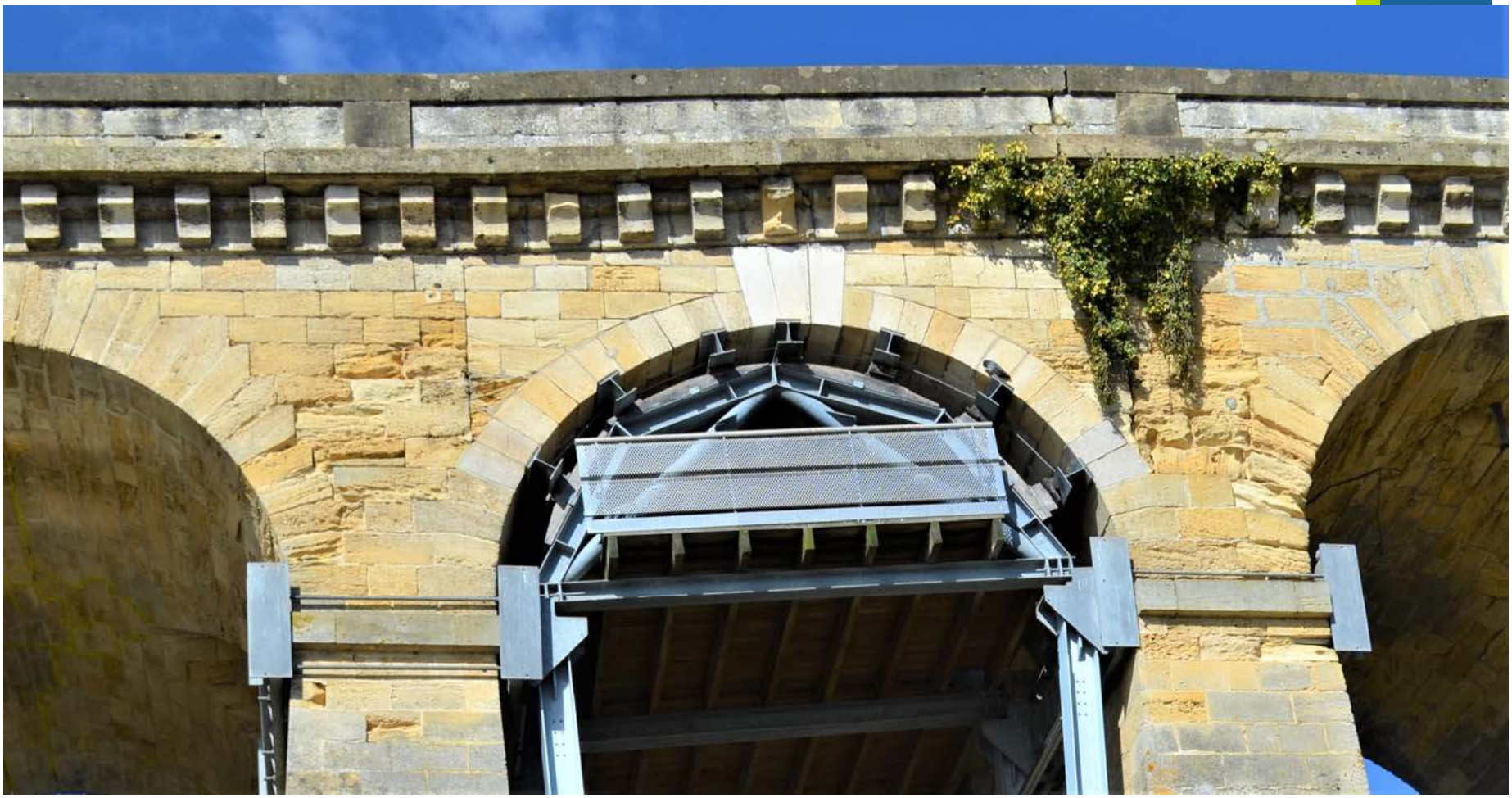


Voûte VG2 : fracture de décompression due au tassement de l'appui G2

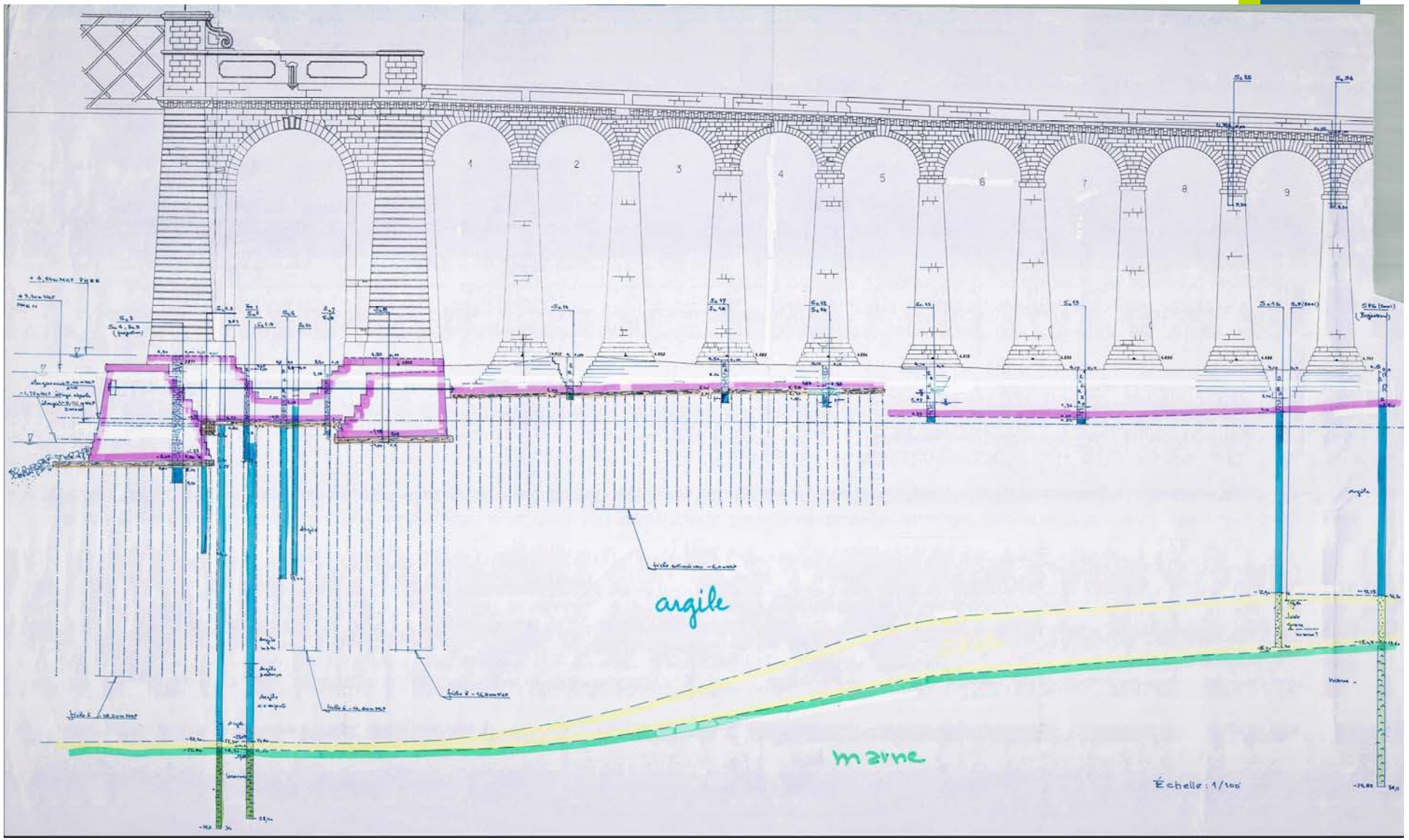
Fracture biaise en amont sur la douelle



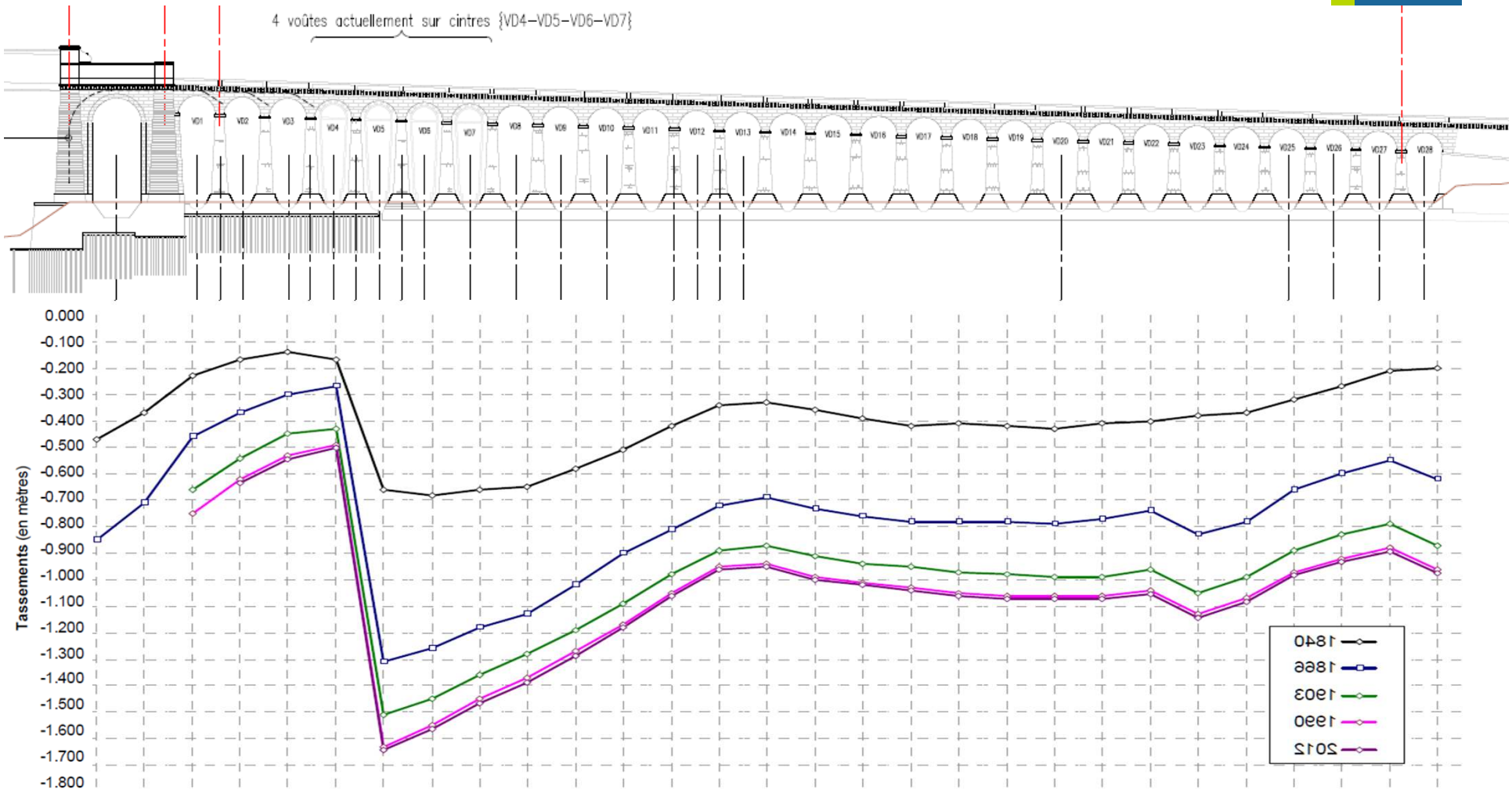
En 2002, mise sur étais de la voûte VG2



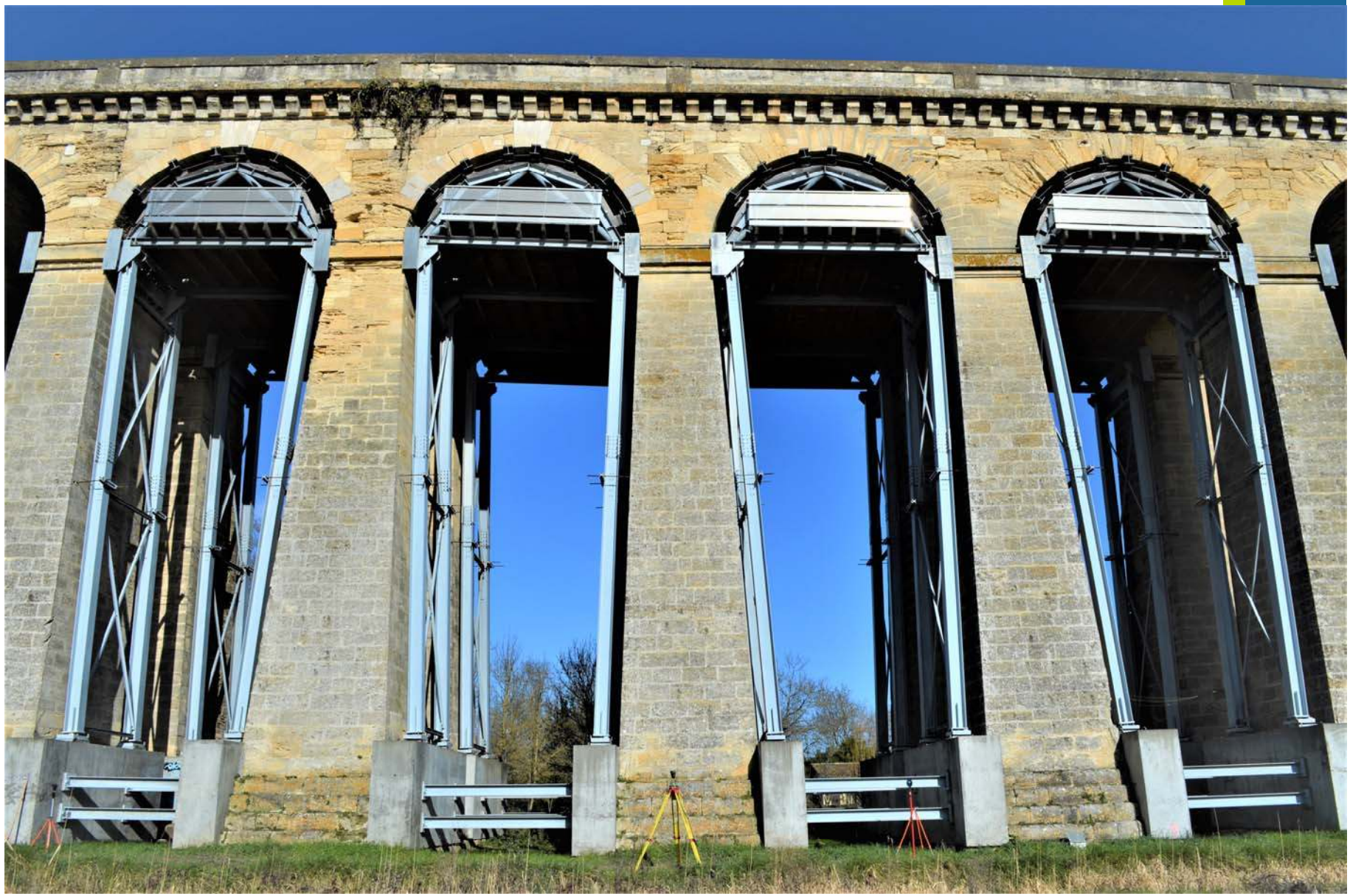
Elévation – coupe amont du viaduc rive droite



Tassements des piles du viaduc rive droite
Poursuite du tassement de la pile-culée



En 2002, mise sur étais des quatre voûtes VD4, VD5, VD6 et VD7



Mesure des tassements des piliers D6 et D7 de 2002 à 2012

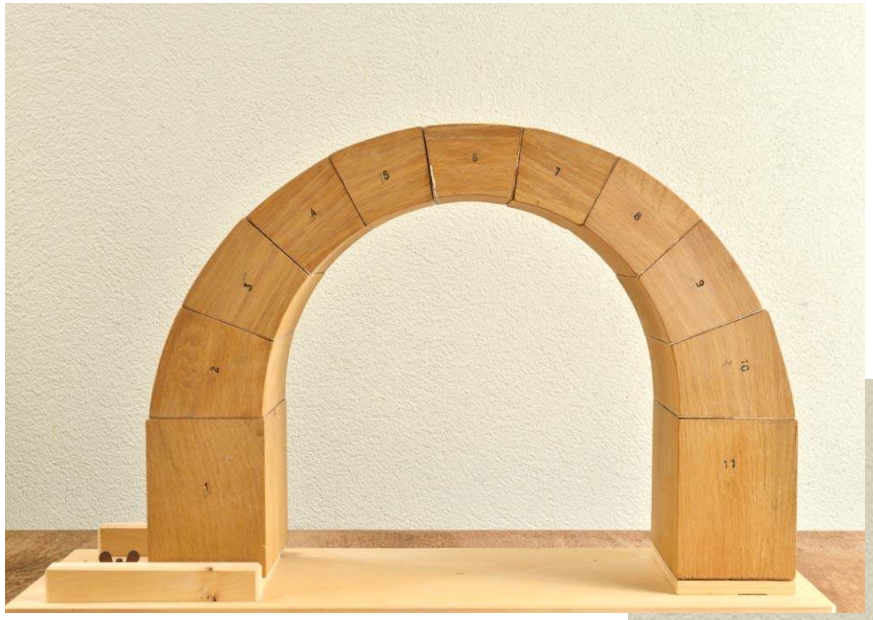


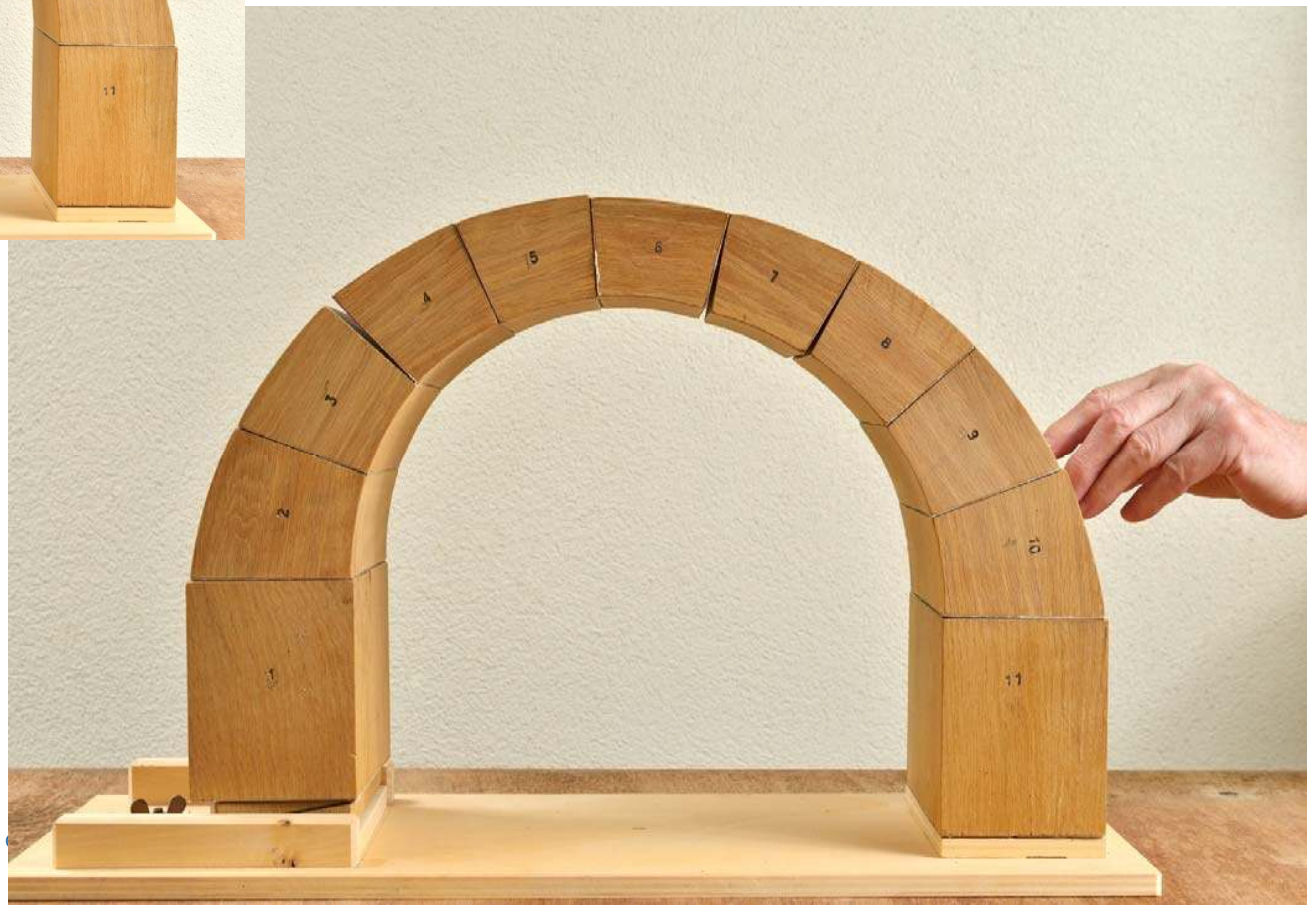
Dégradation des pierres et mortiers dans les voûtes





Comportement d'une voûte en plein cintre soumise au déplacement vertical d'un appui





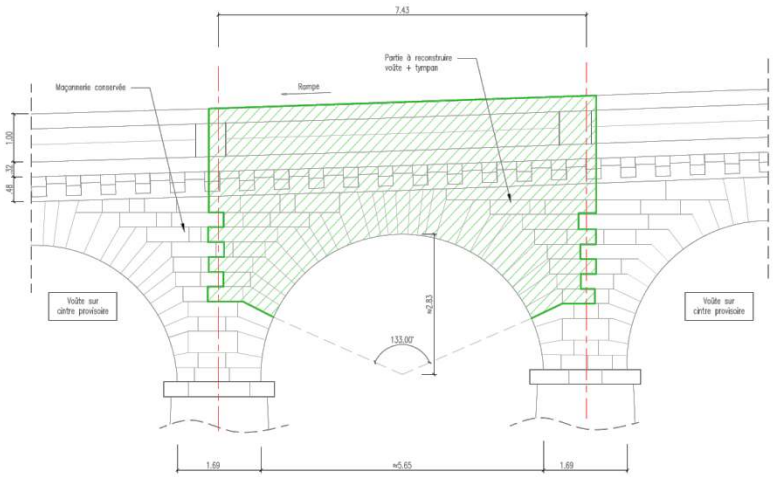
Bilan des connaissances sur les voûtes des viaducs

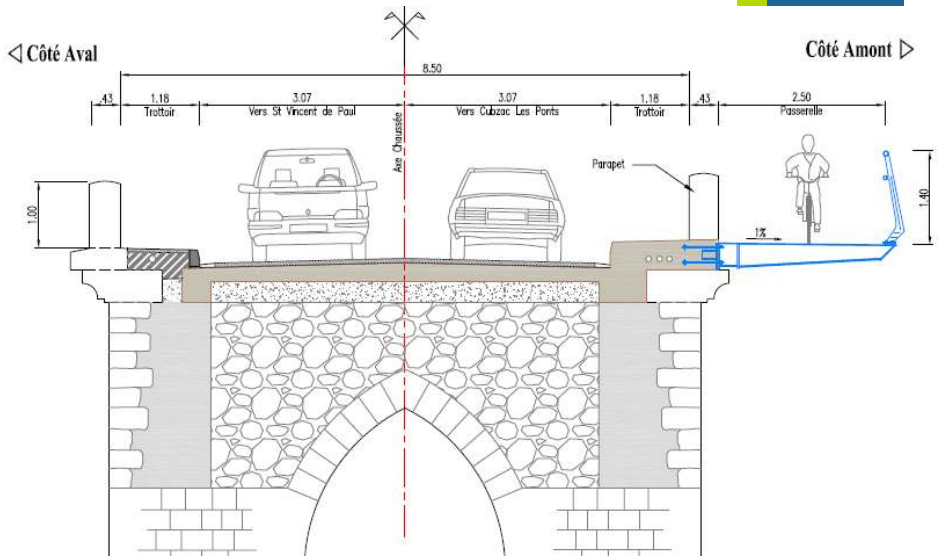
- 60 % des voûtes sont d'origine de 1836. Elles ont 185 ans,
- 30 % des voûtes sont de 1879. Elles ont 137 ans,
- Une voûte est étayée en rive gauche,
- Quatre voûtes sont étayées en rive droite,
- Les voûtes en plein cintre sont légèrement fissurées en clé,
- Les voûtes d'élégissement ogivales sont ouvertes en clé,
- Les joints au ciment altèrent et détruisent les pierres,
- De nombreuses pierres sont très dégradées.

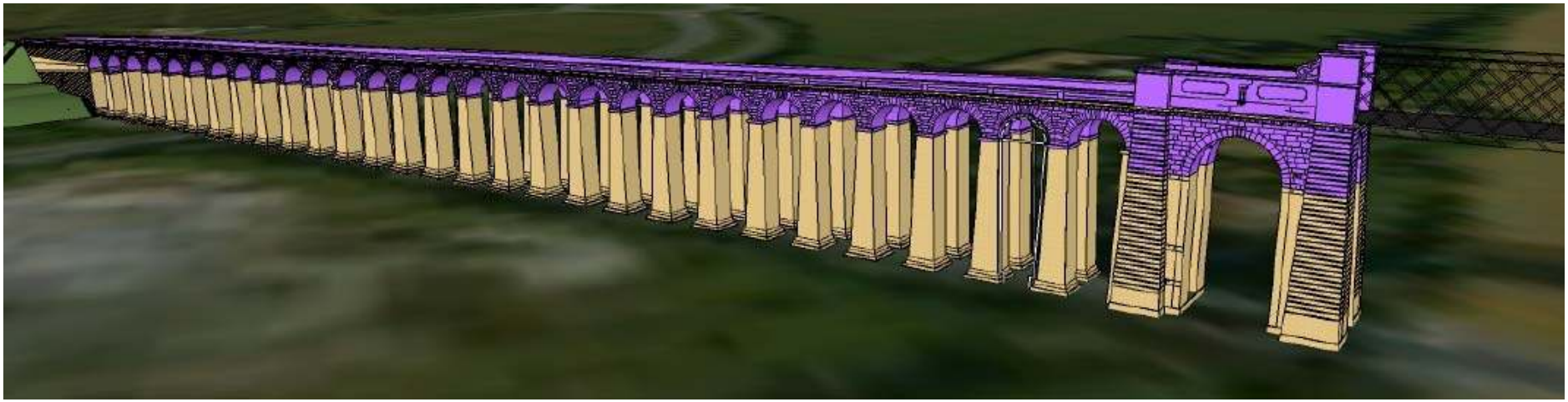
Préconisations à respecter au projet

- Tenir compte de l'environnement : le sol avec ses déplacements, les variations des niveaux d'eau et des pressions interstitielles dans les sols, les dilatations dues aux variations de température.
- Aucune augmentation de charge ne doit être appliquée aux fondations des appuis.
- Supprimer le tassement vertical de la pile-culée rive droite.
- Conserver l'ensemble des voûtes et reconstruire les voûtes étayées : VG2 en rive gauche, VG4, VG5, VG6 et VG7 en rive droite,
- Conserver ou rétablir la ductilité propre aux maçonneries en remplaçant les joints au mortier de ciment par des joints à la chaux.
- Protéger les maçonneries par une étanchéité de surface établie sur une dalle générale mince en béton armé formant contre poids à l'encorbellement.

Le projet : reconstruction de cinq voûtes, restauration des maçonneries, abaissement du profil en long, construction d'une dalle générale portant l'encorbellement, renforcement pile-culée rive droite



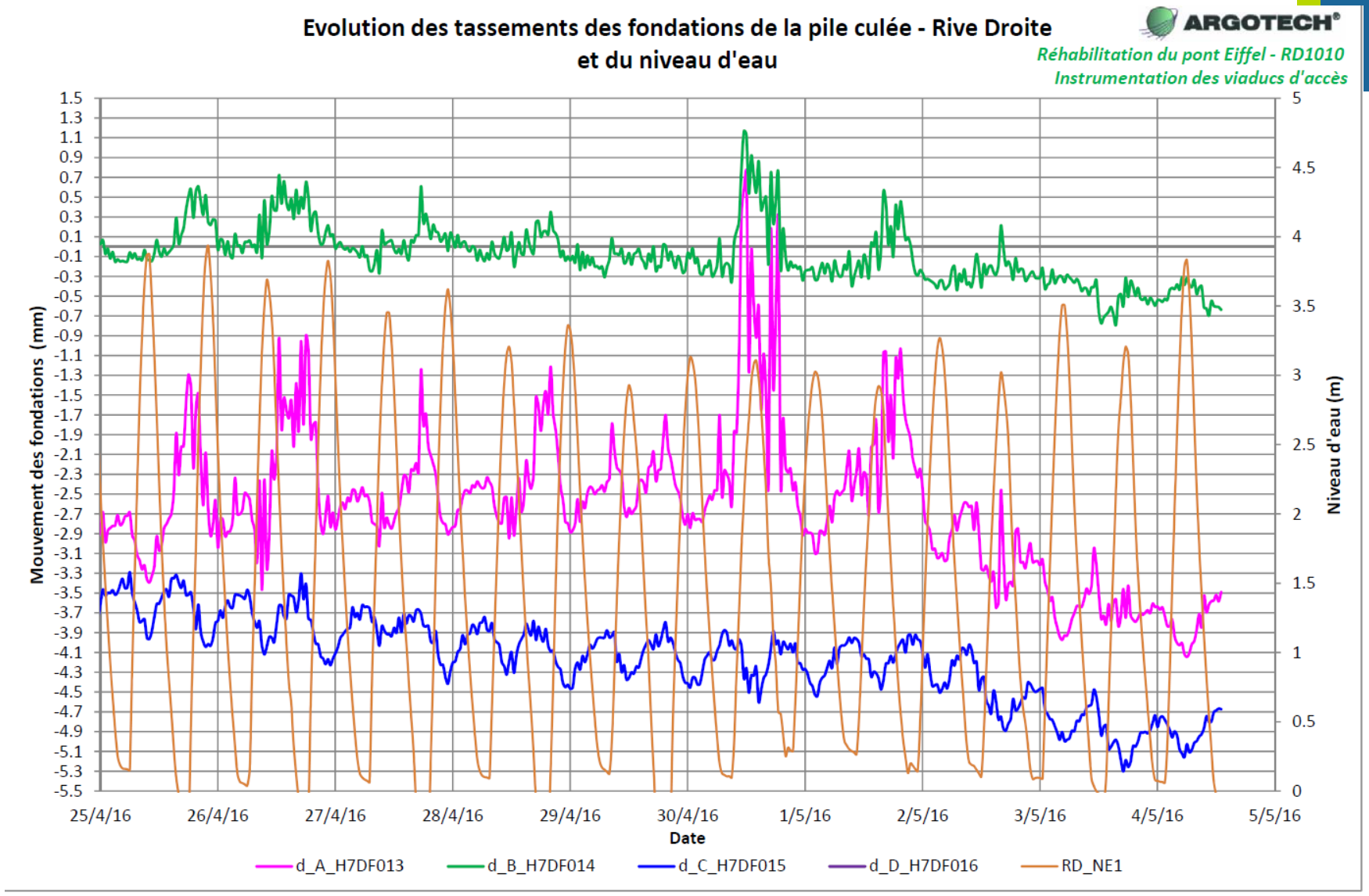




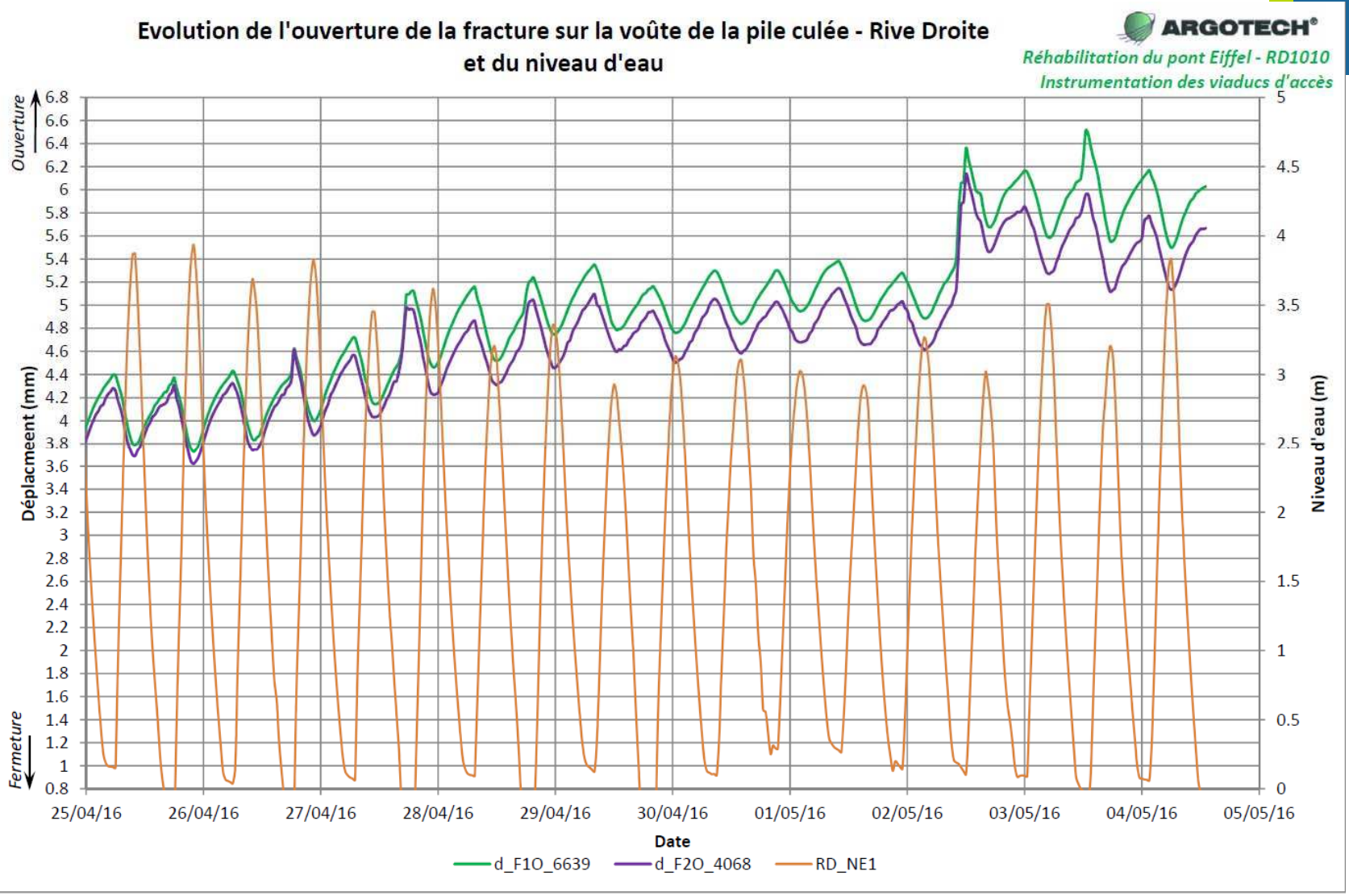
Désordres dans la voûte VD0 et le tympan aval de la pile-culée rive droite



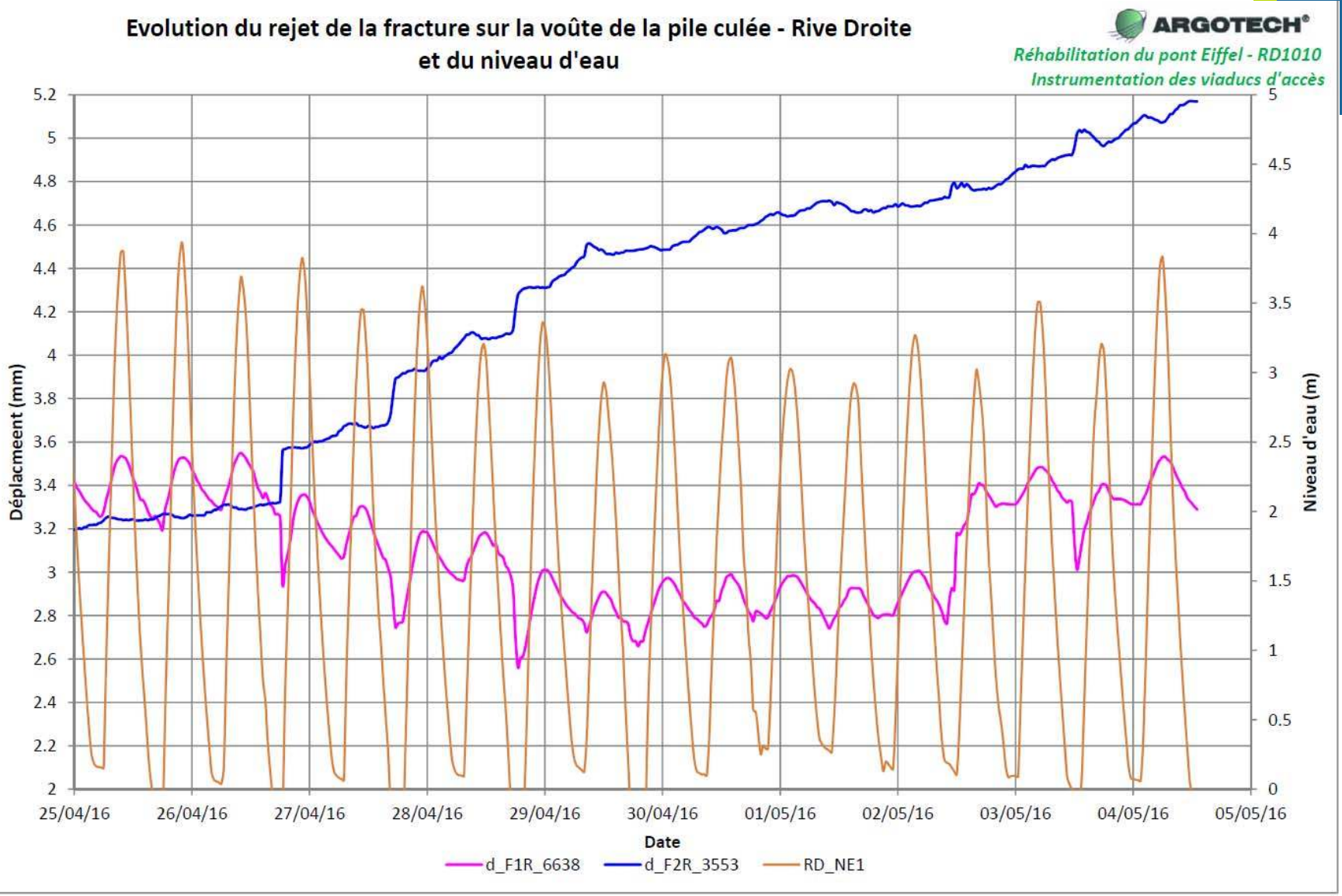
Evolution des déplacements verticaux des piliers de la pile-culée rive droite avec le niveau d'eau



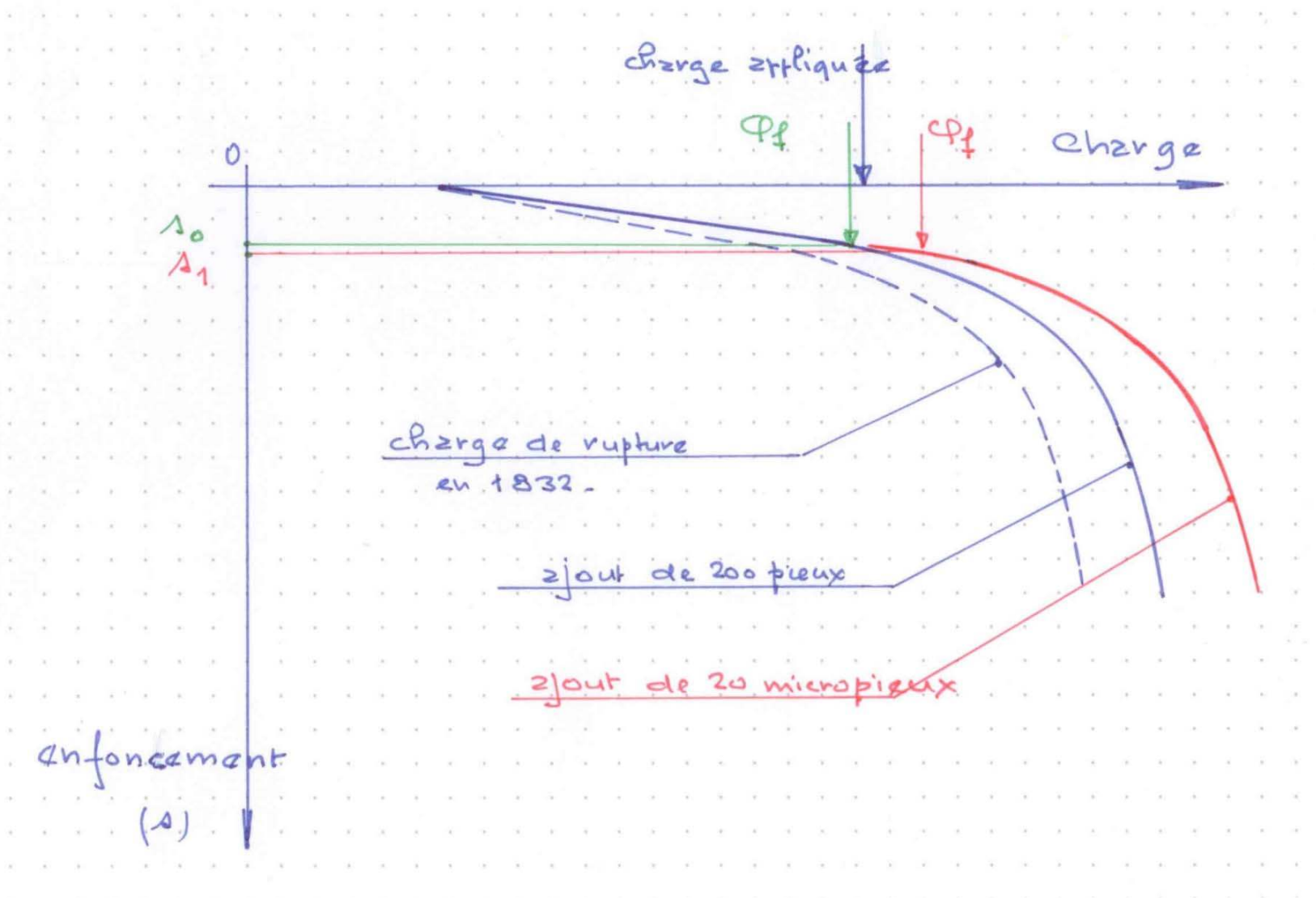
Variation d'ouverture de la fracture en clé de voûte de VD0 avec le niveau d'eau



Evolution du rejet en clé de voûte de VD0 avec le niveau d'eau



Courbe de chargement d'une fondation et les enfoncements correspondants, justification du renforcement très partiel.

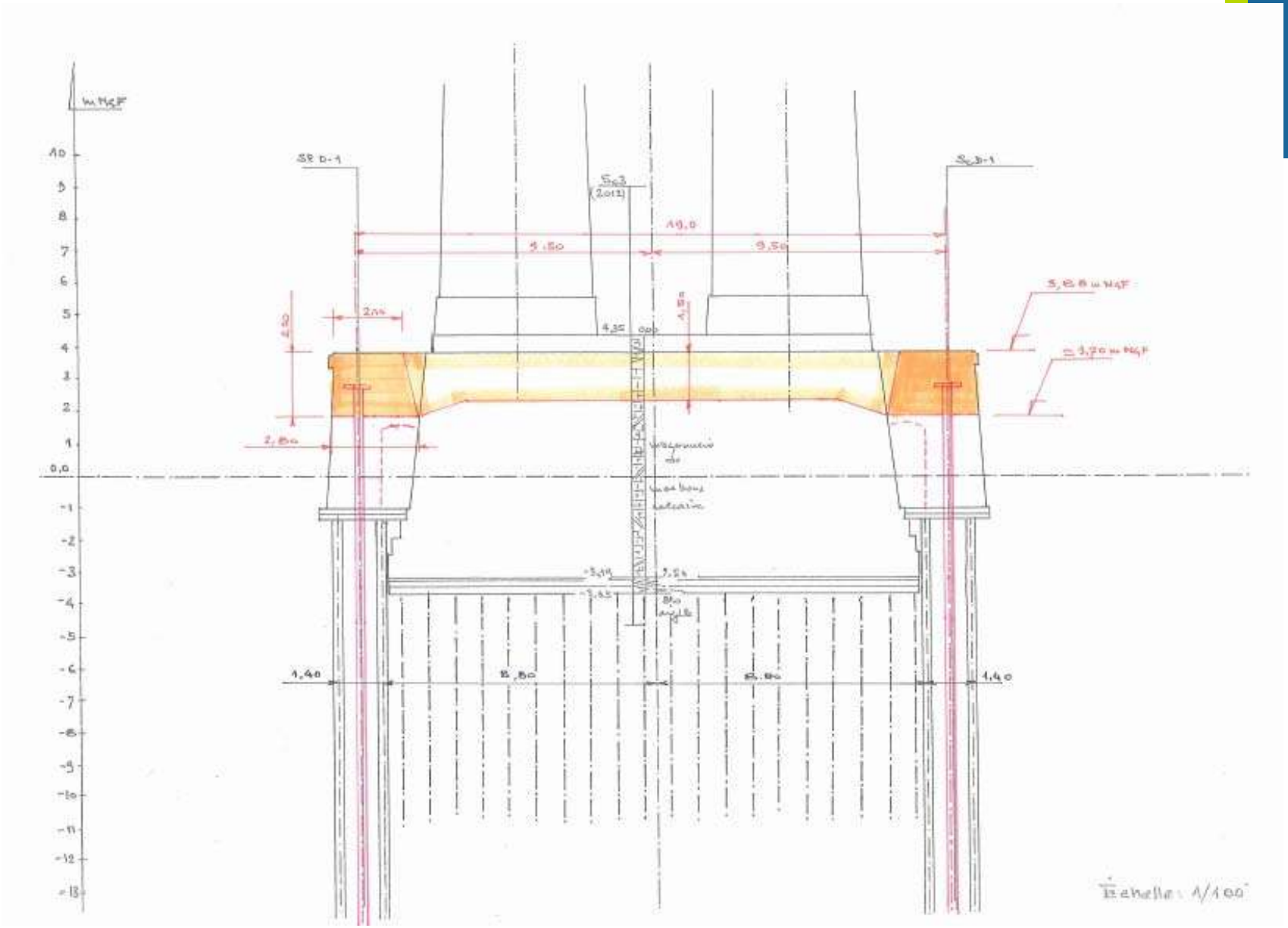


Renforcement des fondations de la pile-culée rive droite par vingt micropieux de 160 t





Poutre transversale du massif avant et coupe sur poutres latérales



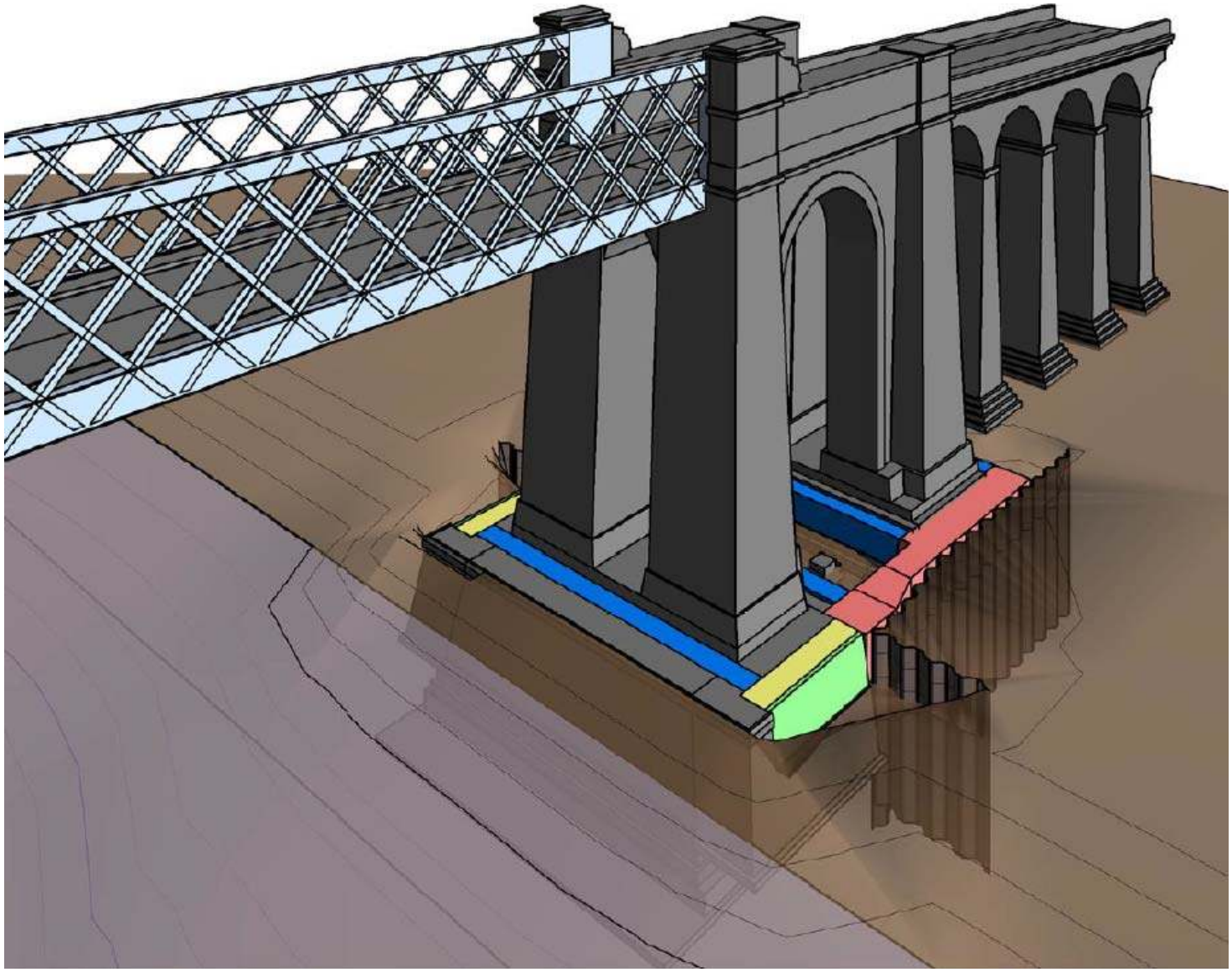
Découpe des maçonneries de fondation pour les remplacer par les poutres en béton armé de scellement des micropieux et de transfert des charges



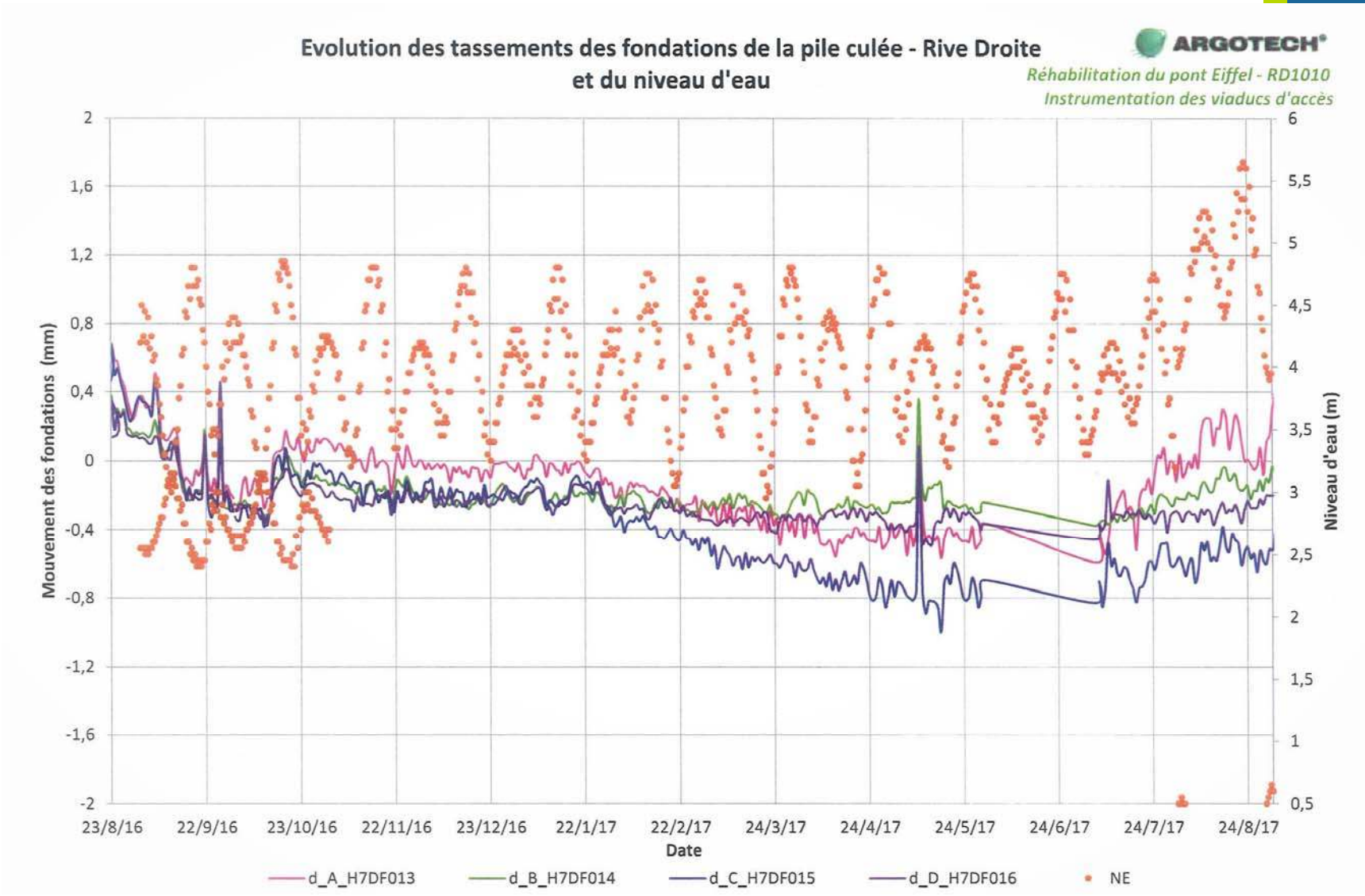




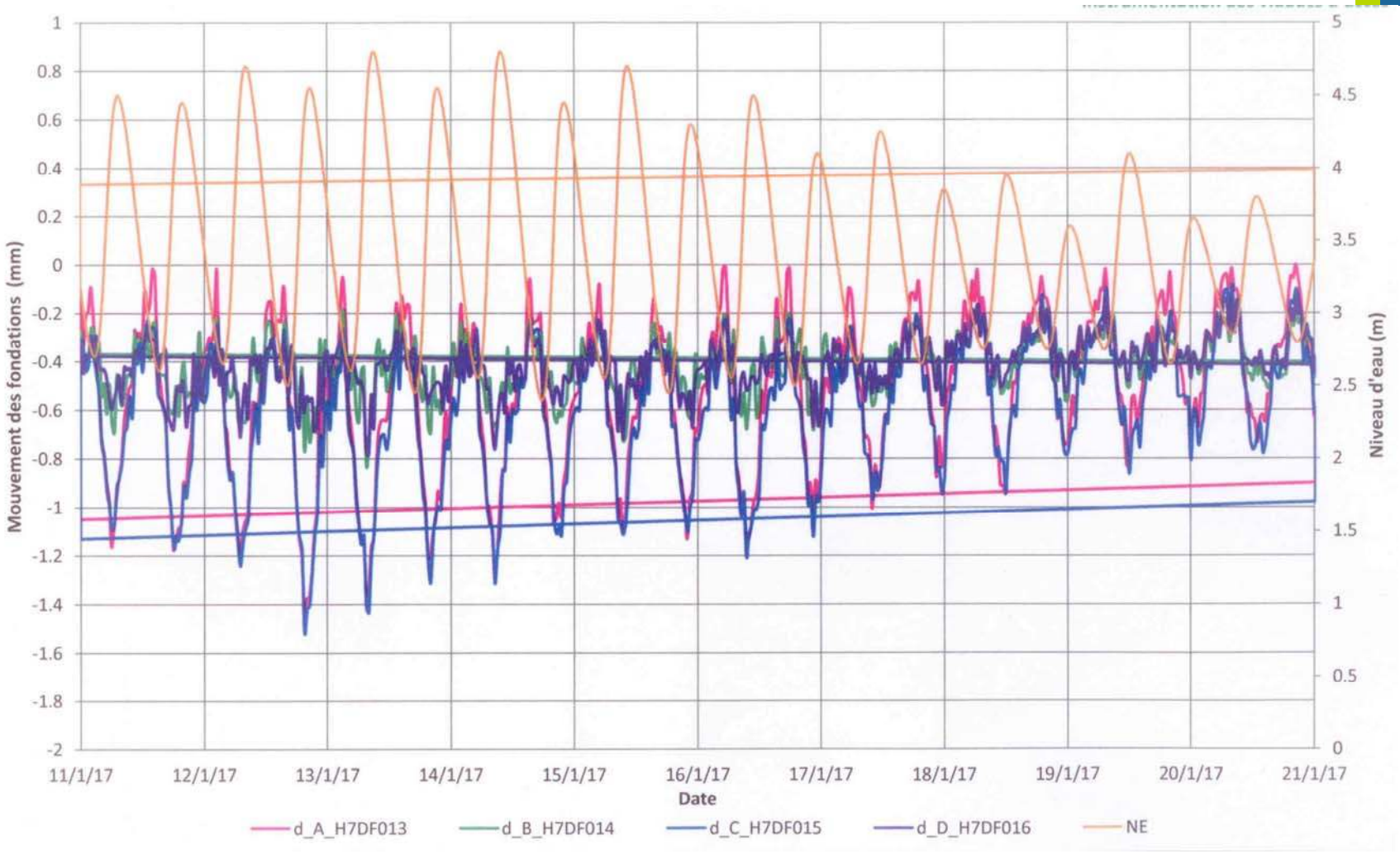
Poutres de liaison des massifs de fondation aux micropieux



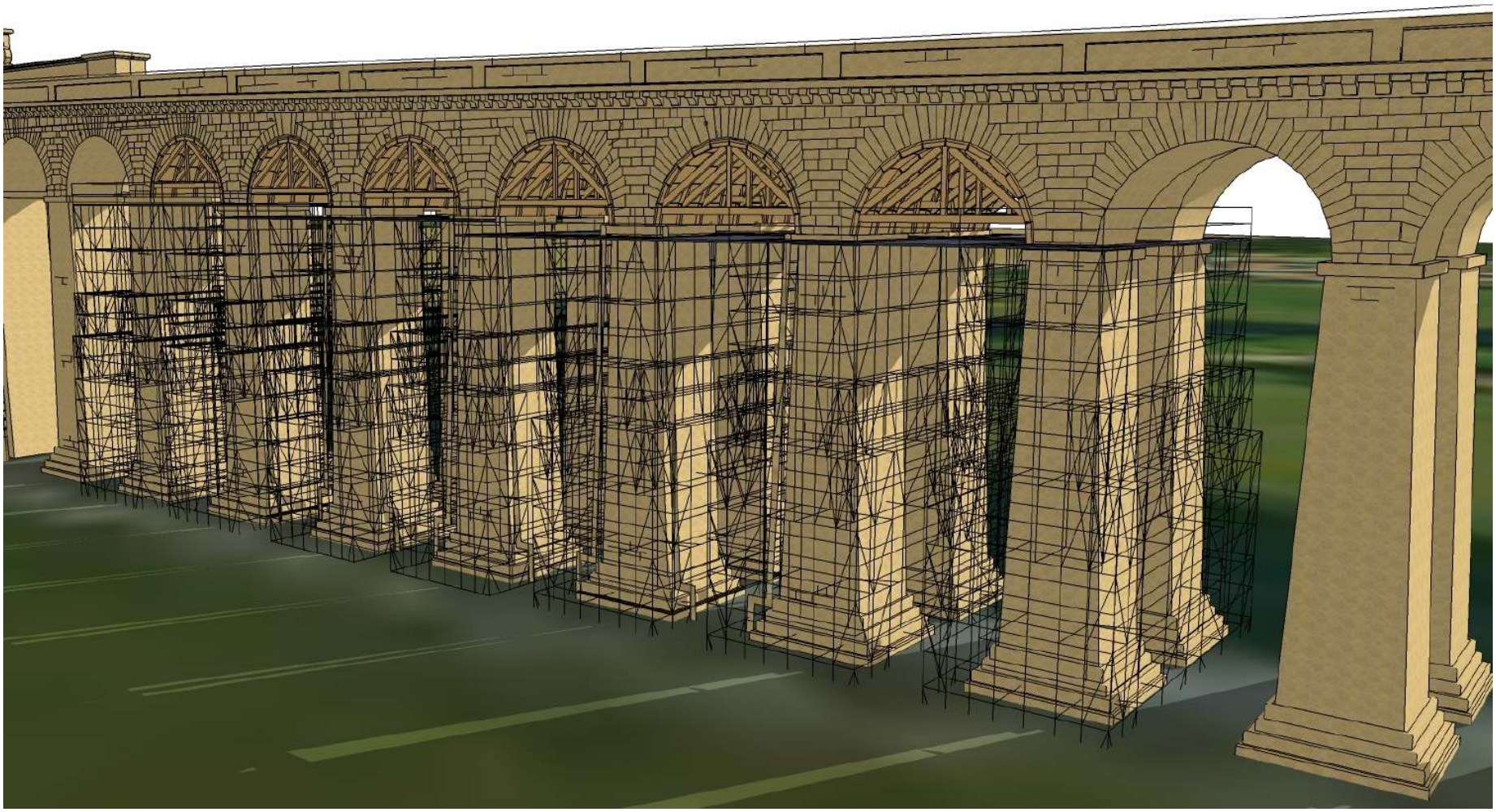
Pile-culée aux fondations renforcées - évolution des déplacements d'août 2016 à août 2017



Déplacements bi journaliers des piliers de la pile-culée rive droite avec le niveau d'eau



Remise sur cintre des quatre voûtes étayées et des voûtes adjacentes avant décaissement et observation des extrados



Décaissement des deux viaducs et abaissement du profil en long



En mars 2016, la voûte VG2 sur étais, VG1 et VG0



Vérification de l'état de l'extrados de la voûte VG2



Echafaudage et stockage des pierres démontées pour repose



Démontage du bandeau amont de la voûte VG2



Démontage du tympan amont de VG2

examen du mur de tête après décaissement et démontage des voussoirs





Pose des nouveaux voussoirs du bandeau aval sur VG2





Reconstruction du tympan aval et du tympan amont sur VG2





En juin 2017, le tympan amont de VG2



Elévation amont des voûtes VG2, VG1 et VG0, juin 2017



Lavage des pierres à l'eau sous faible pression et mise en œuvre d'un fongicide



Calepinage des pierres à remplacer





Refouillement pour changement des pierres de la douelle



Refouillement des pierres dégradées

pose et scellement de pierres neuves





Fixation des pierres par des goujons métalliques inox scellés à la résine



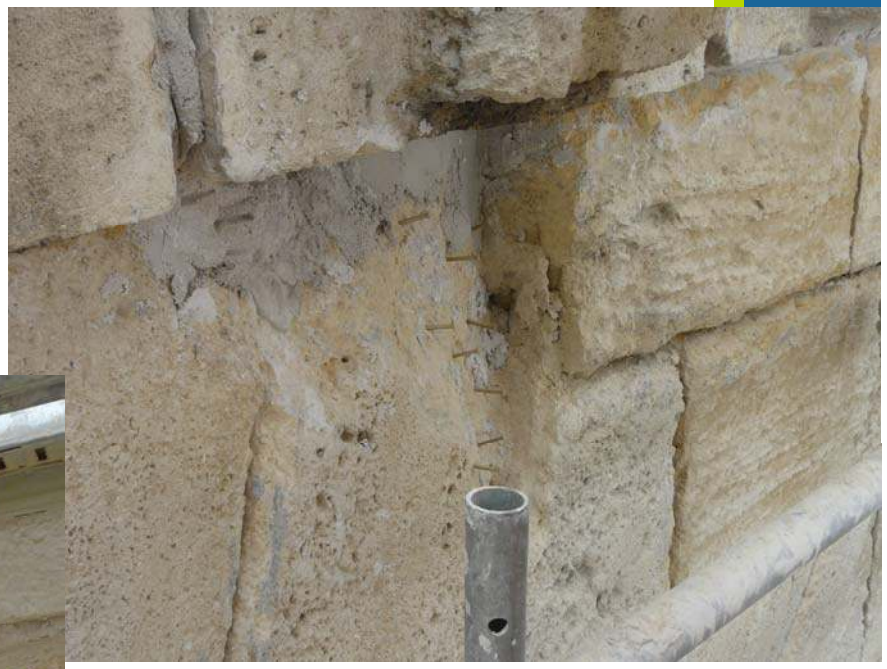
Remplacement des voussoirs dégradés par des pierres neuves



Scellement des pierres par un coulis de chaux, le coulinage



Ragréage au mortier de chaux





Disjointoiement

rejointoiement

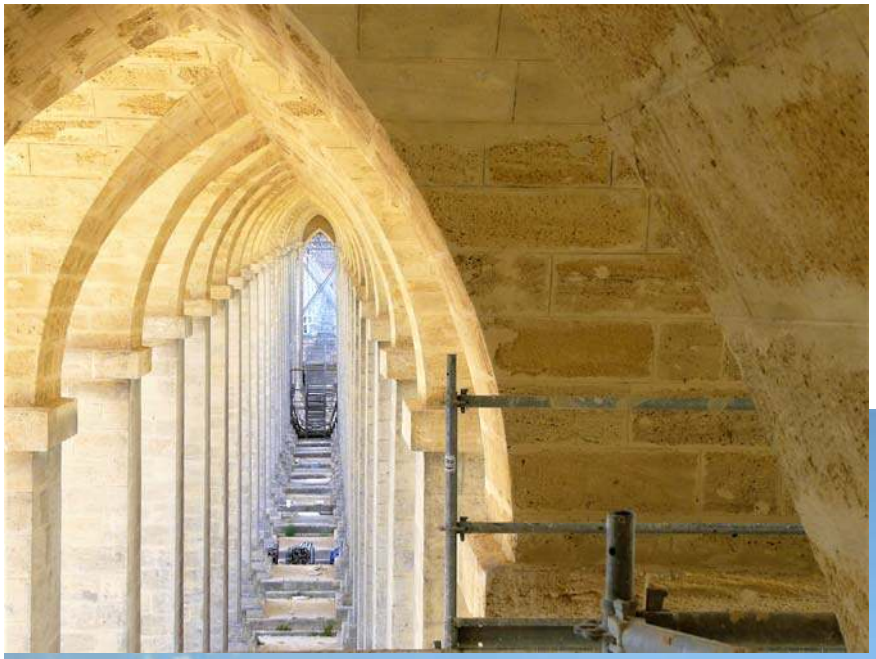
finitions





Une voûte remise en état

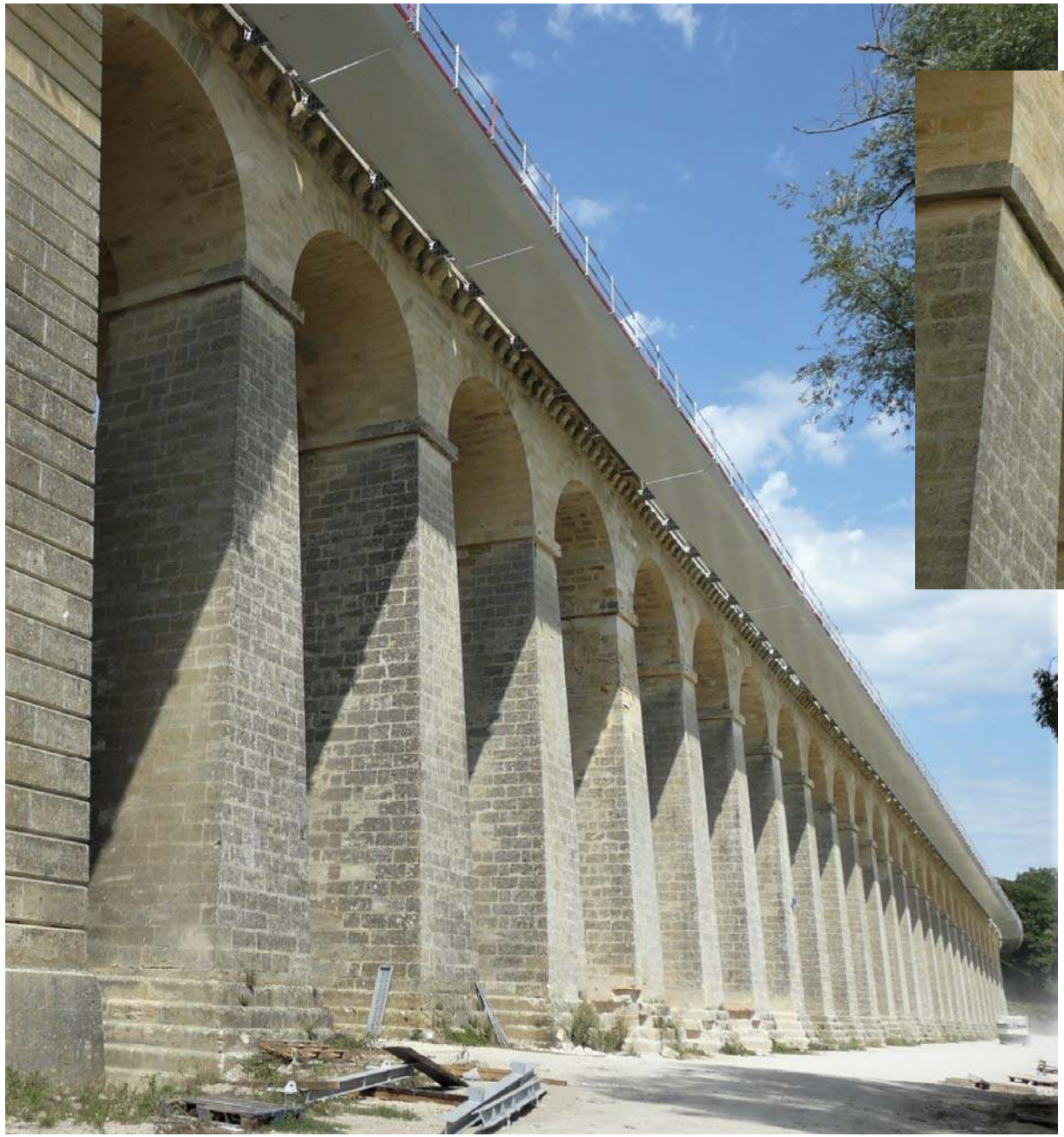


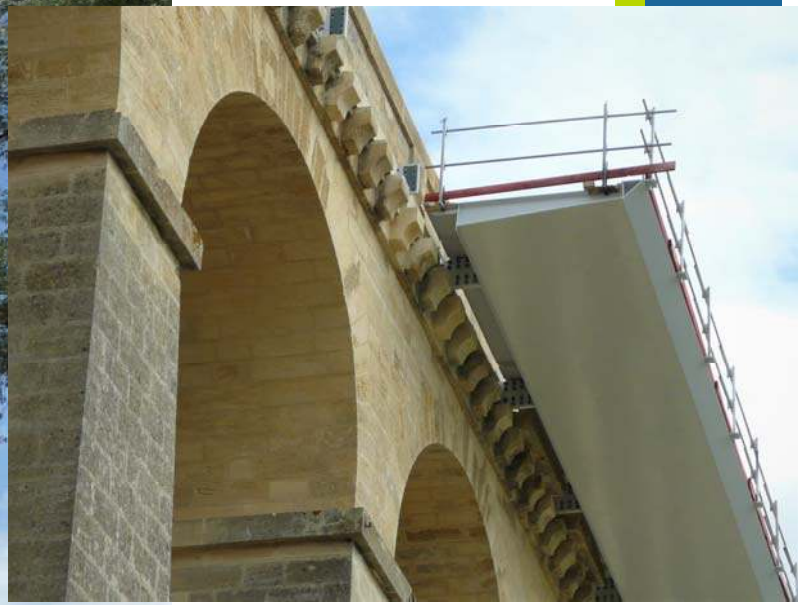


6 000 m² de parement

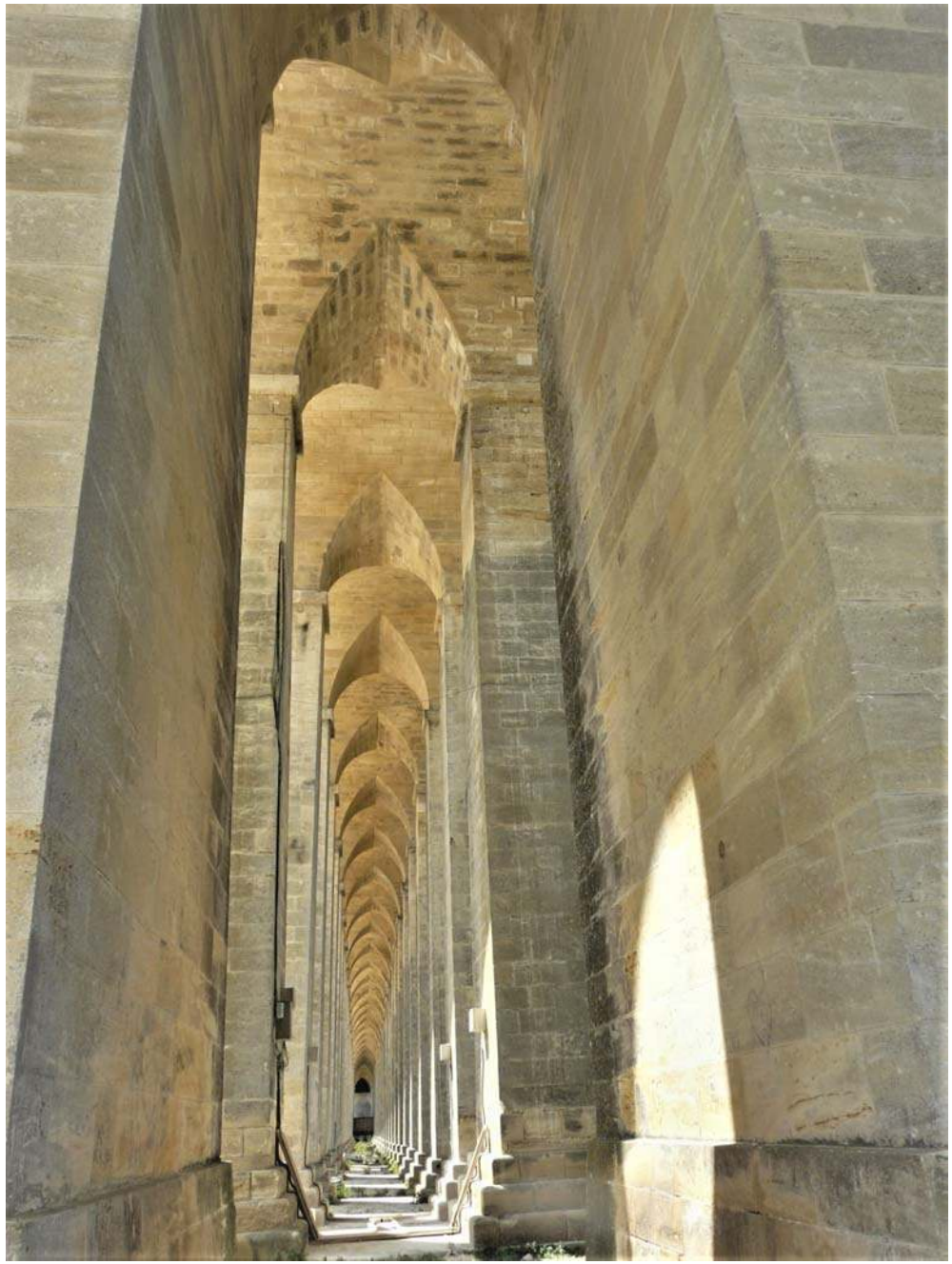
2 400 pierres remplacées







Pose de la passerelle en encorbellement



Une restauration....
.....pour 200 ans

Merci de votre attention