



# IMG C

## 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

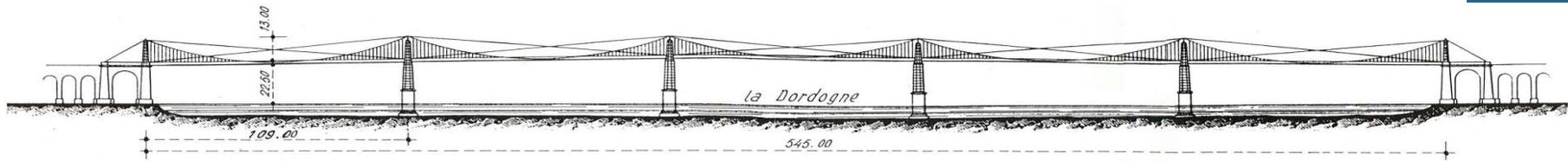


# Réhabilitation des viaducs en maçonnerie d'accès au pont Eiffel de CUBZAC

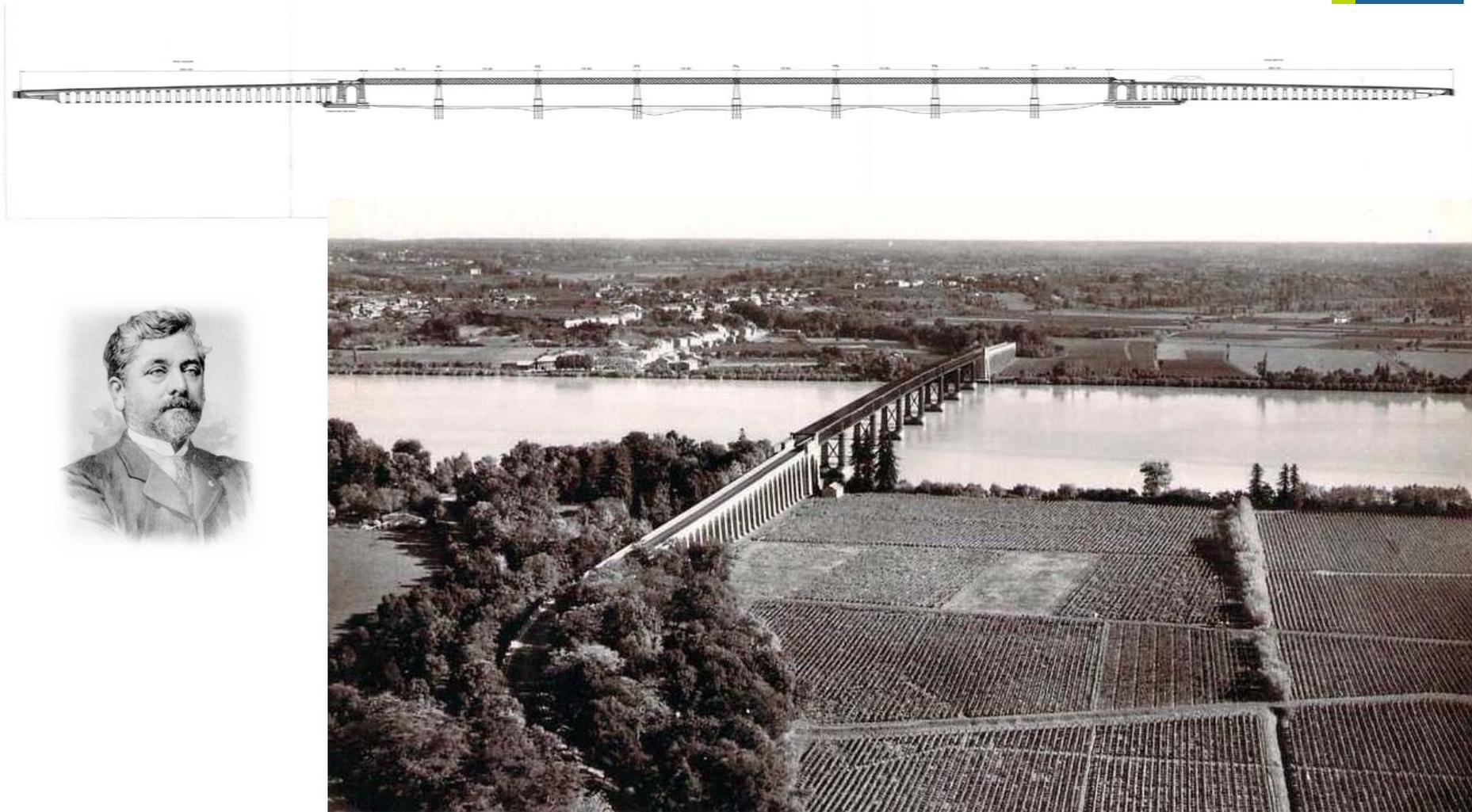


- L'ouvrage et son histoire,
- Le projet d'ajout d'une passerelle pour les liaisons douces,
- L'environnement géo mécanique et le comportement des viaducs,
- Le bilan du diagnostic de comportement et d'état et les grands principes du projet de restauration,
- Le renforcement des fondations de la pile-culée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

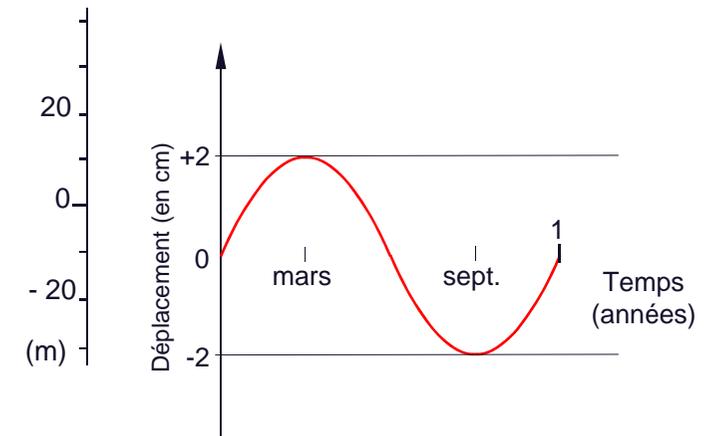
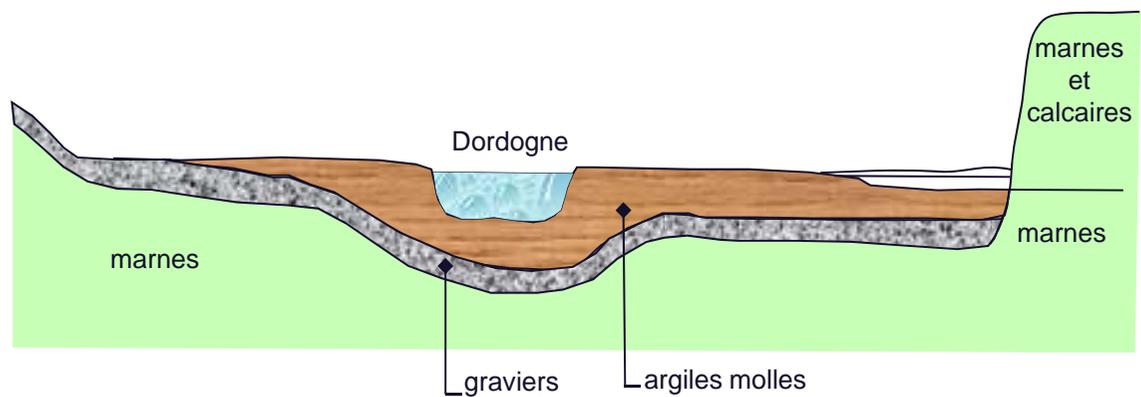
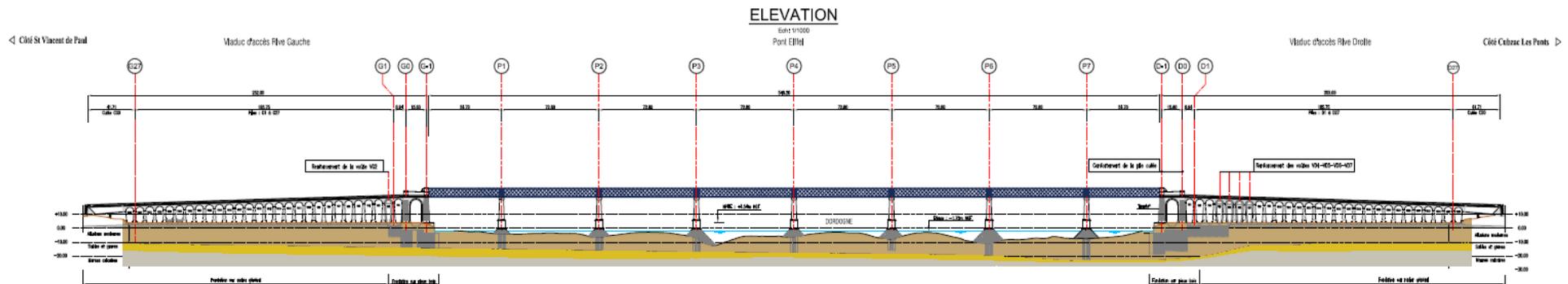


## 2014 – le concours : la restauration des viaducs en maçonnerie et l'ajout d'une passerelle en encorbellement

6

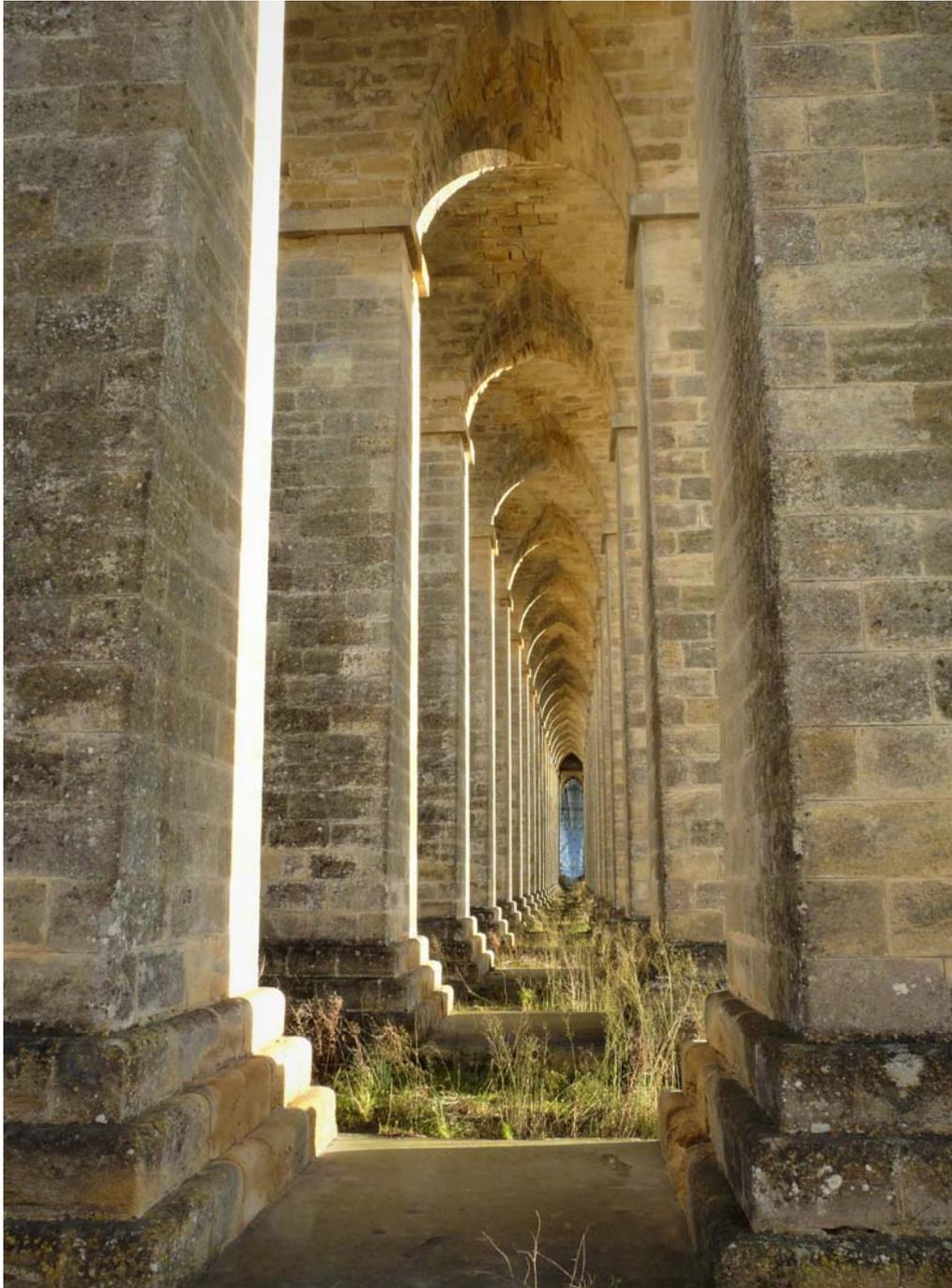


## Connaissance de l'environnement géologique et géotechnique des deux viaducs. Un contexte difficile pour les ouvrages.



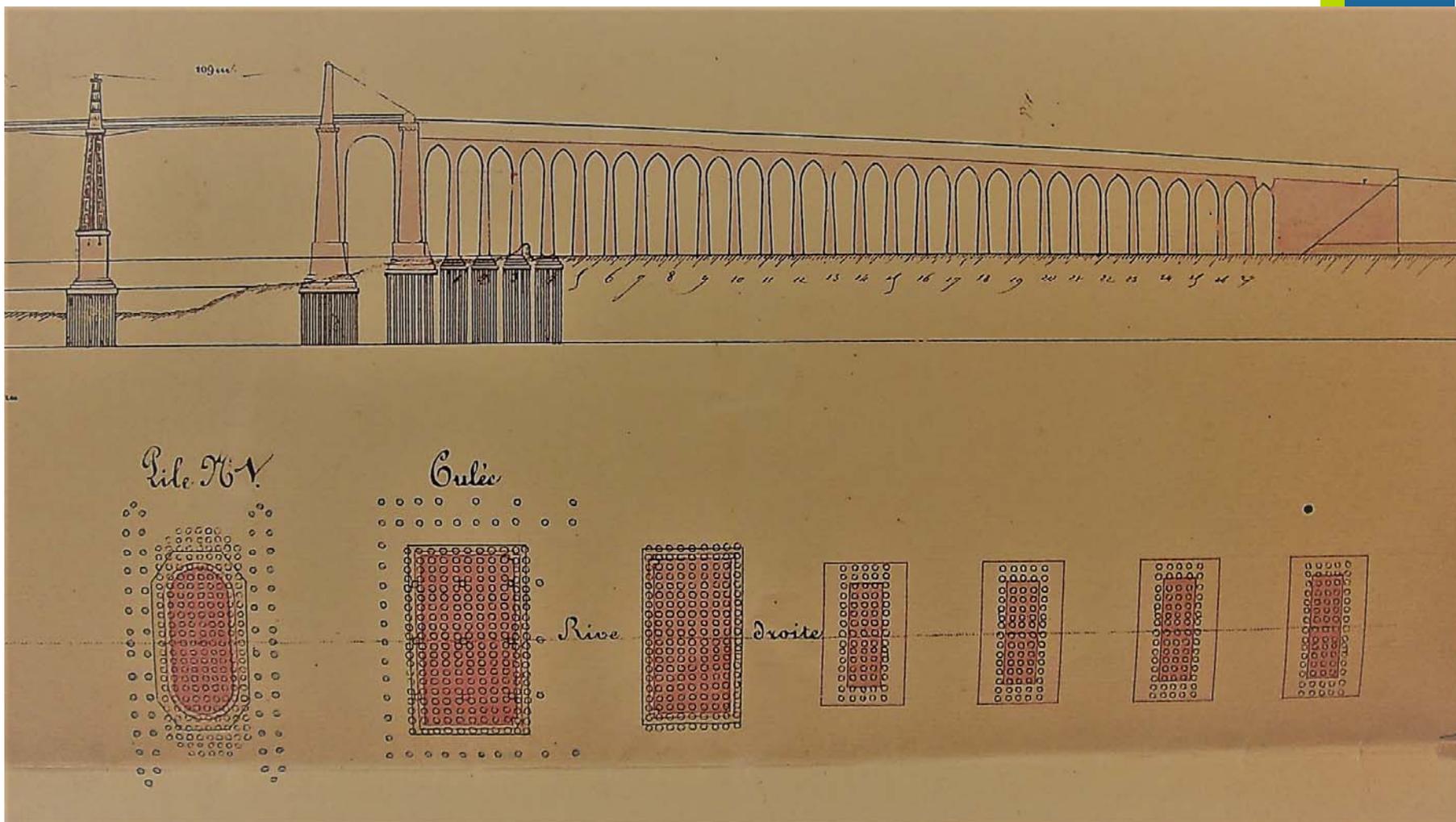
**Conception des viaducs en maçonnerie : des ouvrages légers,  
28 voûtes en plein cintre de 5,84 m d'ouverture et une voûte de 8 m**





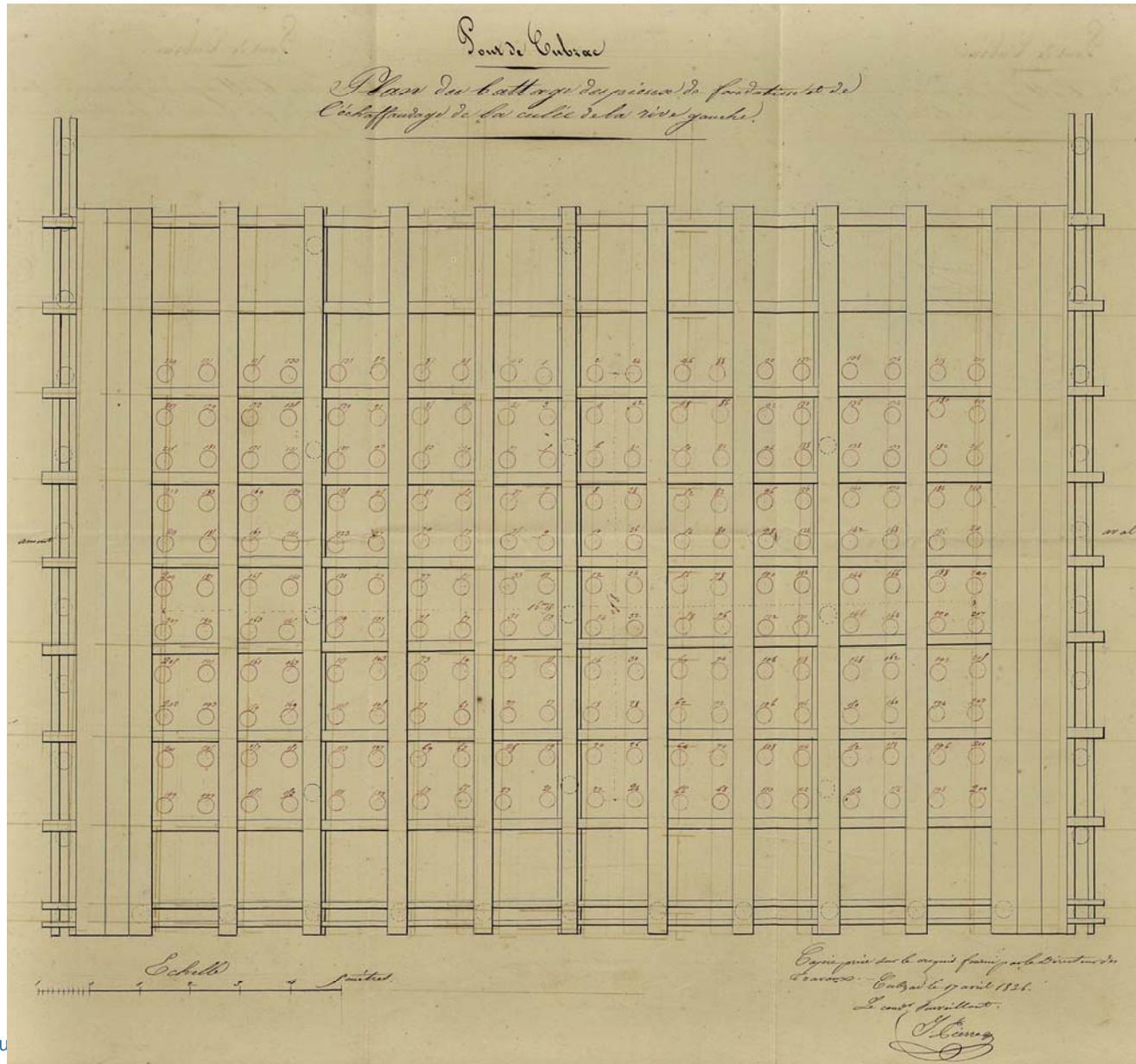
**Une voûte longitudinale  
d'élégissement  
en arc brisé de 3,50 m d'ouverture**

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

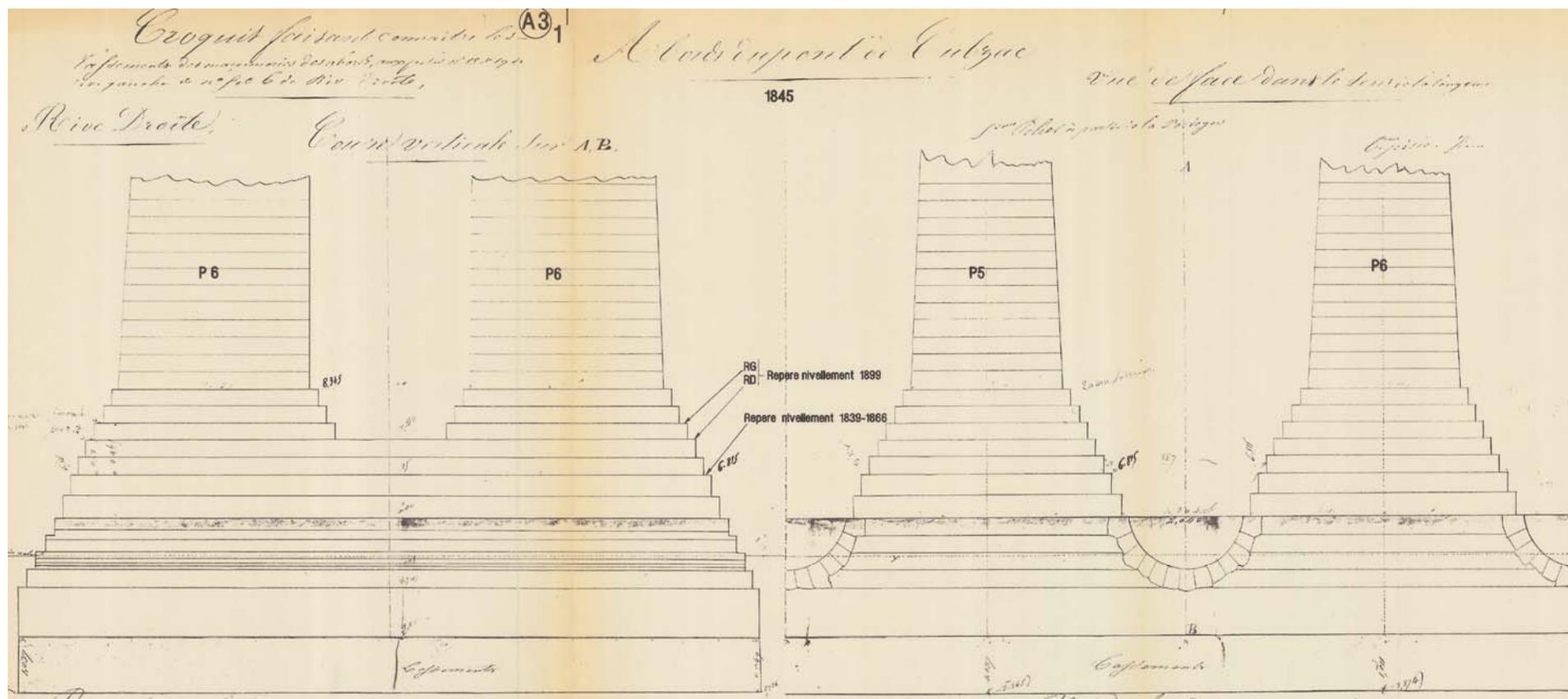


# Plan de pilotage des fondations de la pile-culée rive gauche

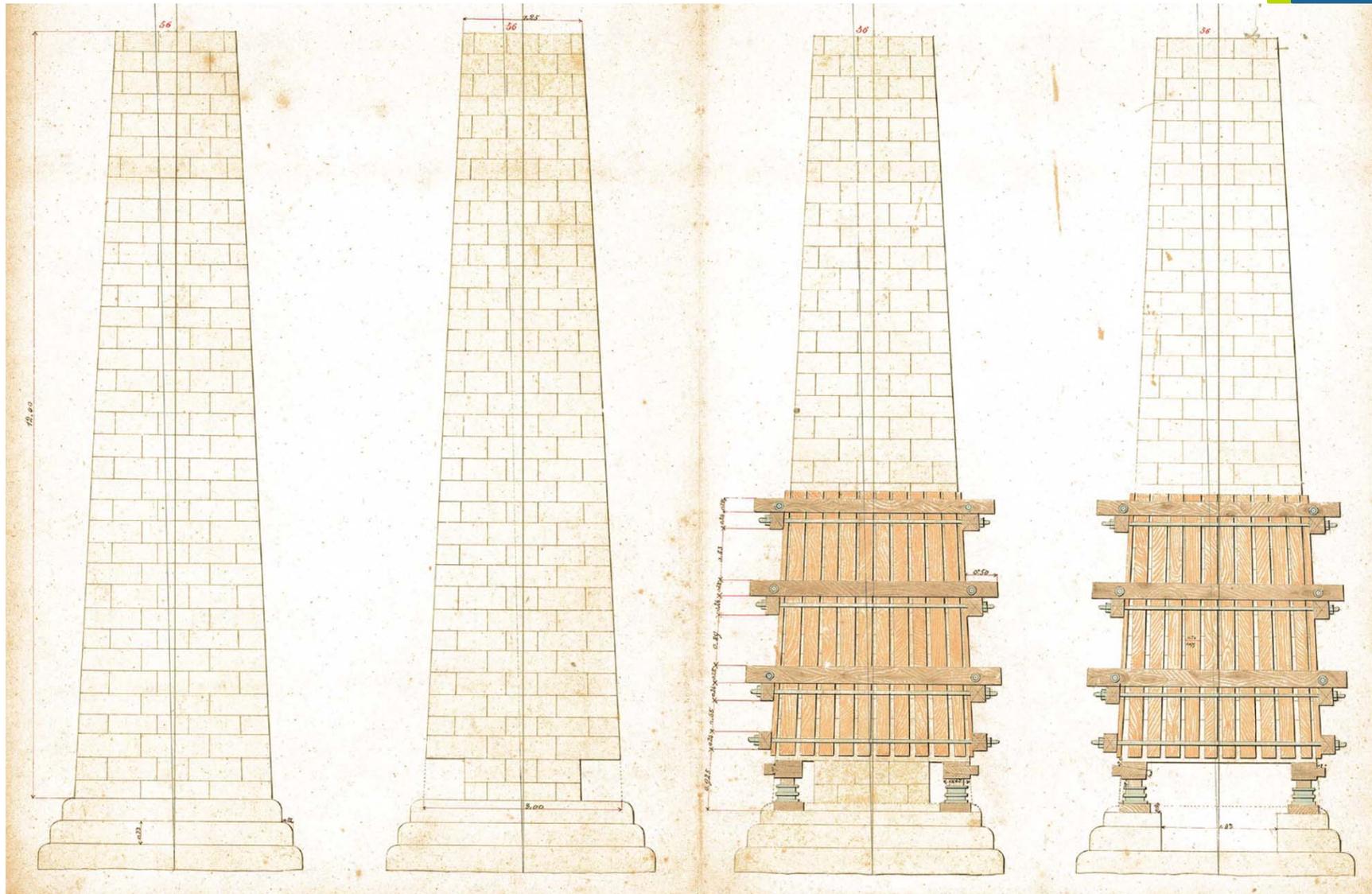
11



## Élévation 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

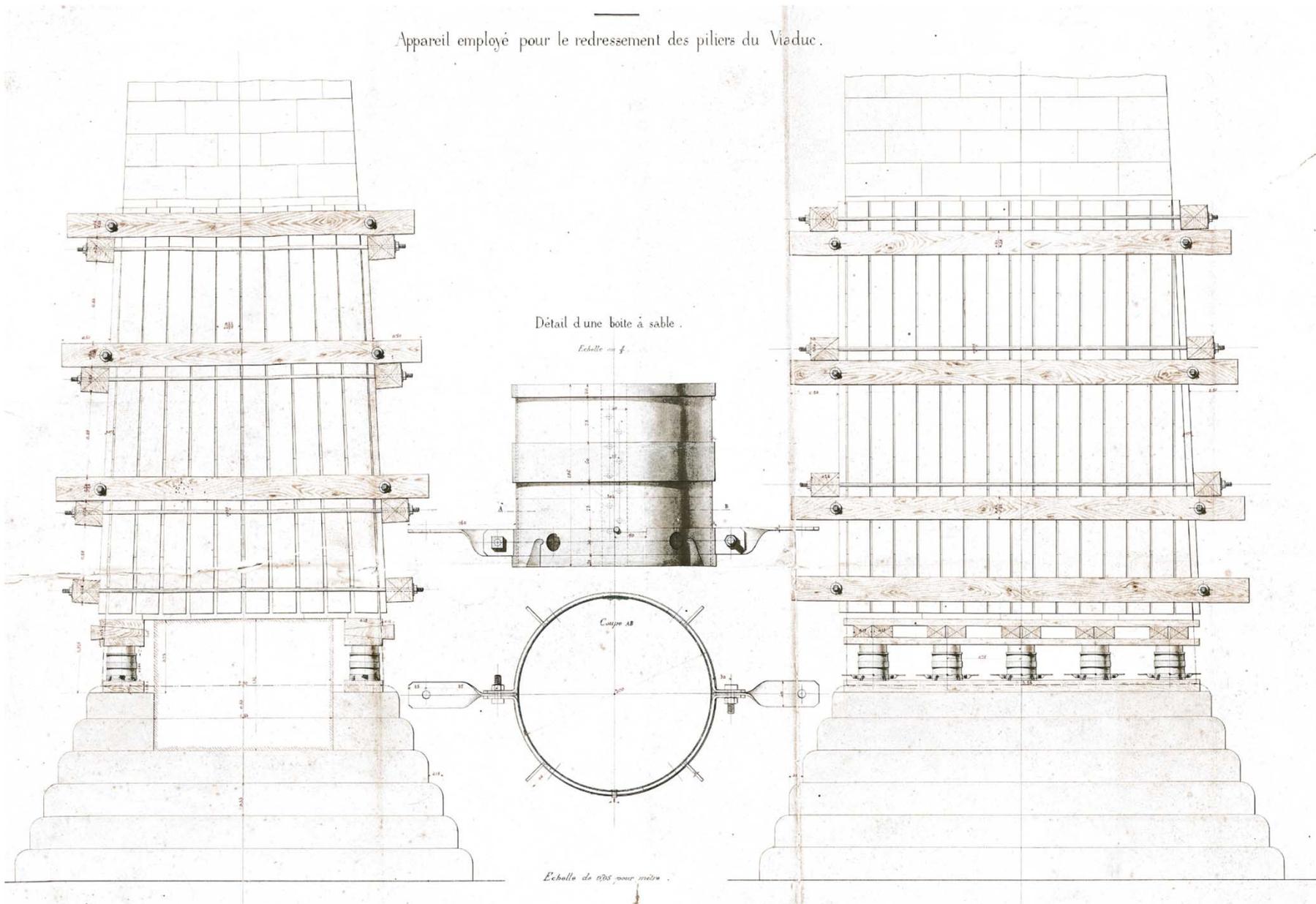


Adaptation des ouvrages en maçonnerie aux nouvelles conditions de service

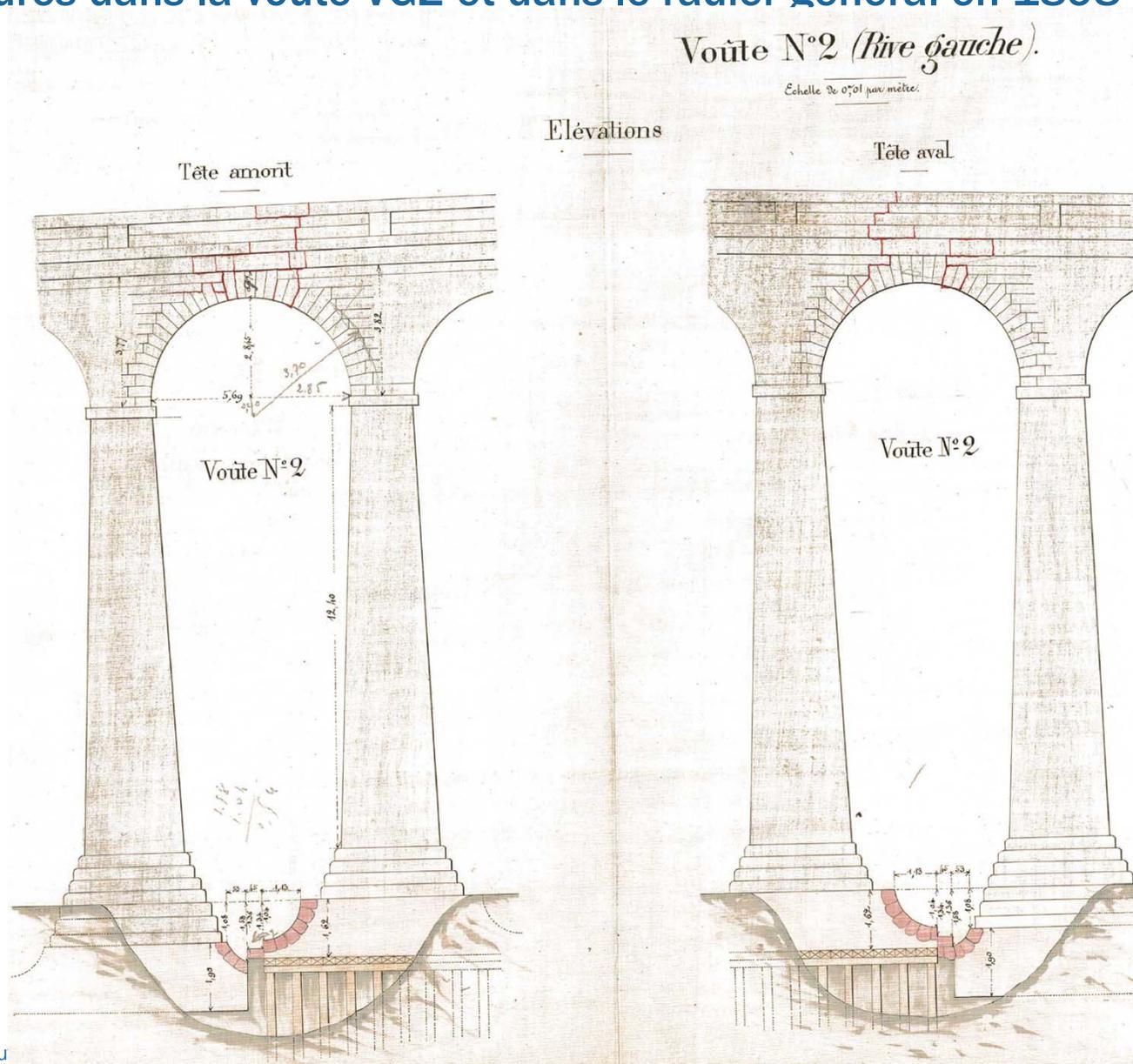
# Redressement des piliers déversés à l'aide de boîtes à sable



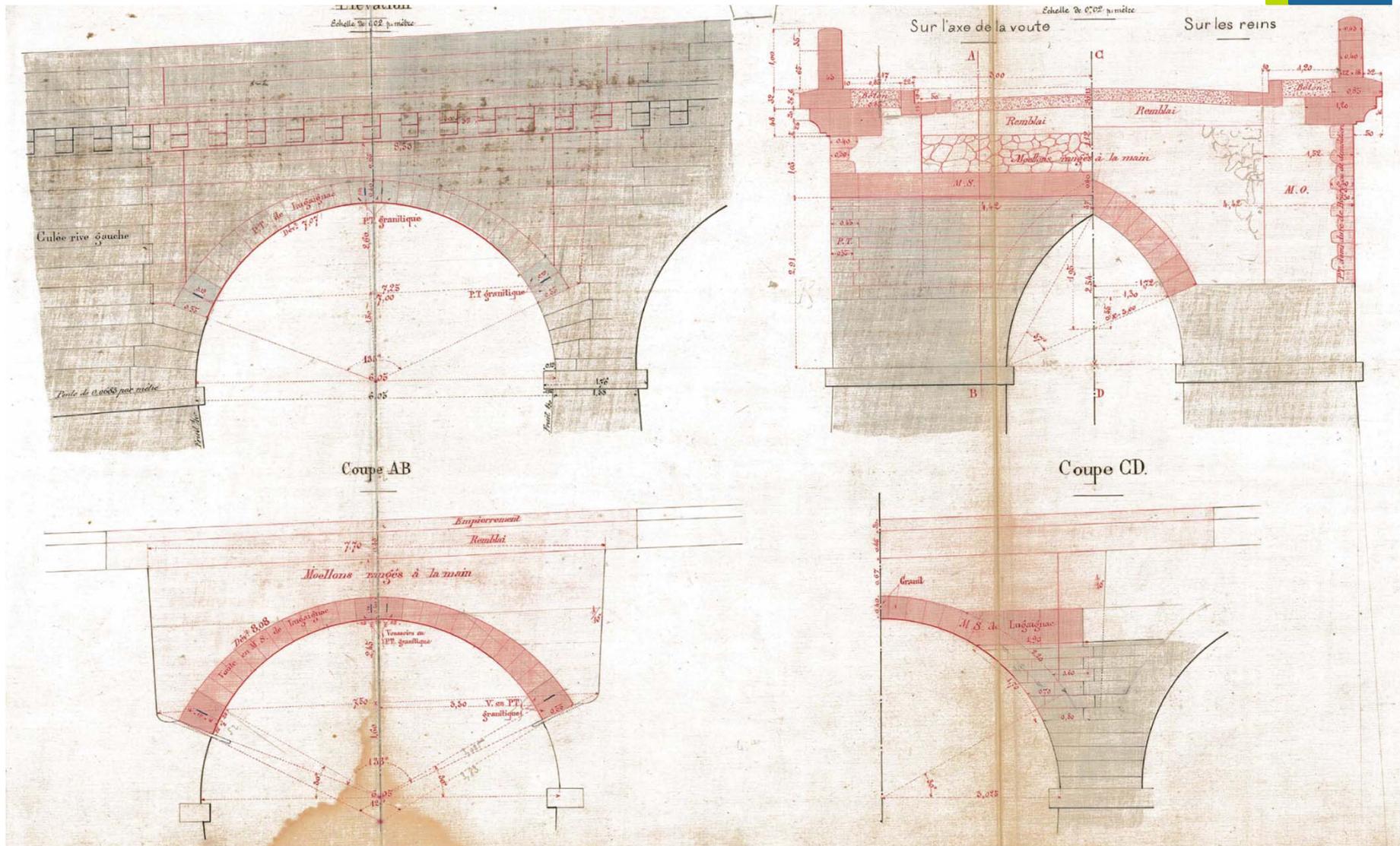
Appareil employé pour le redressement des piliers du Viaduc.



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



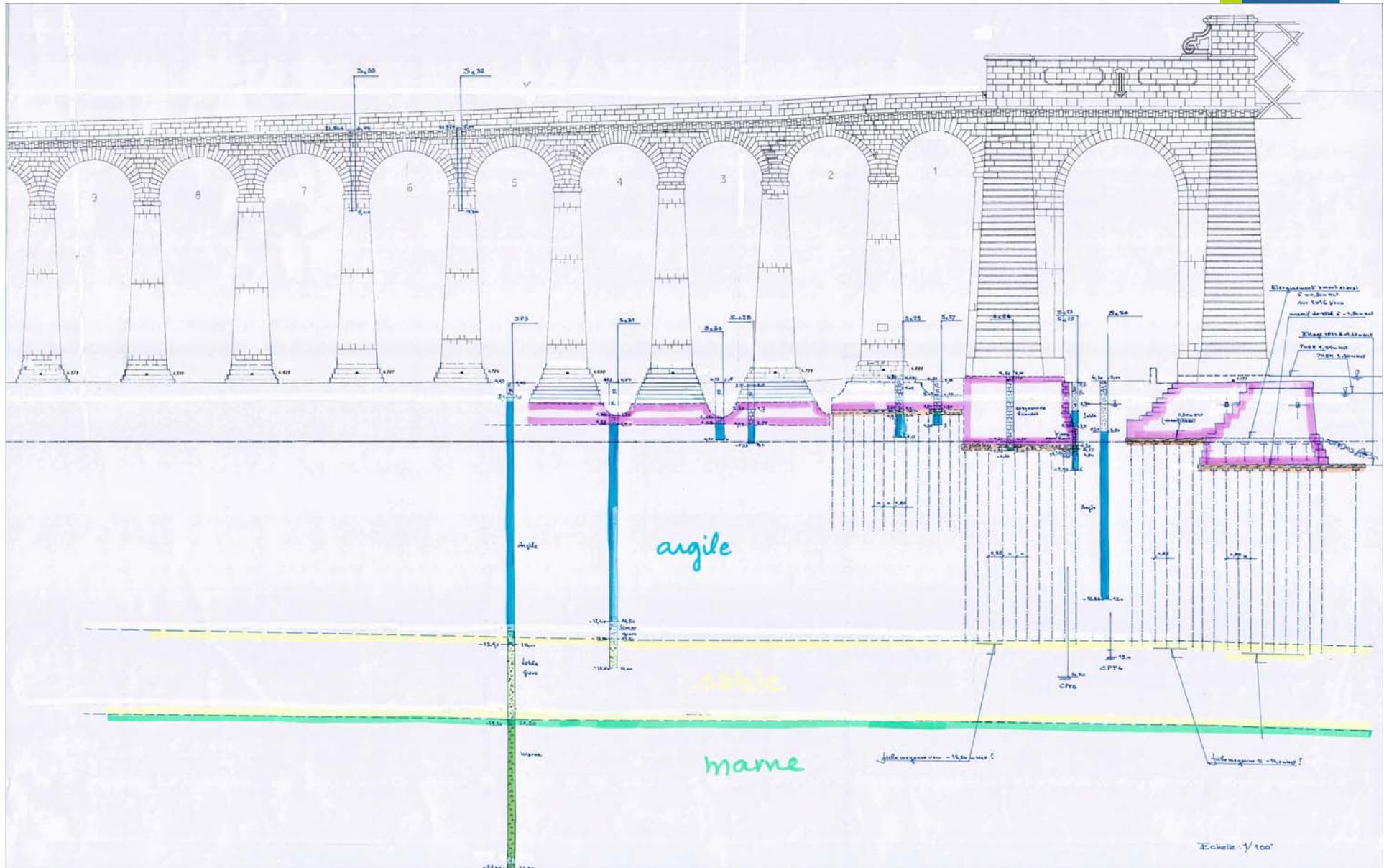
# Reconstruction des voûtes dont les appuis présentent des grands tassements différentiels, exemple : VG2 rive gauche



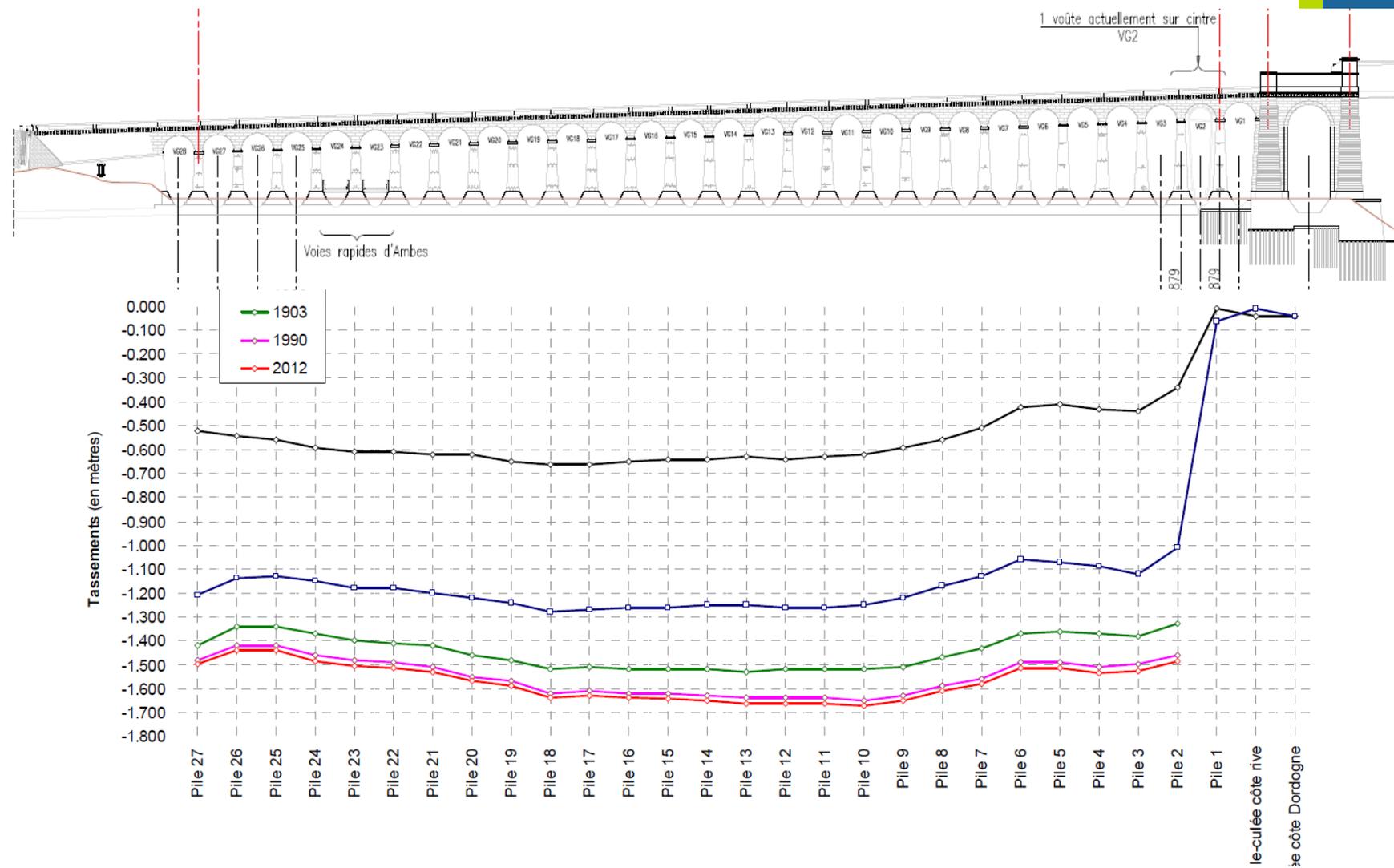
Adaptation des ouvrages en maçonnerie aux nouvelles conditions de service

# Élévation coupe amont du viaduc rive gauche

17

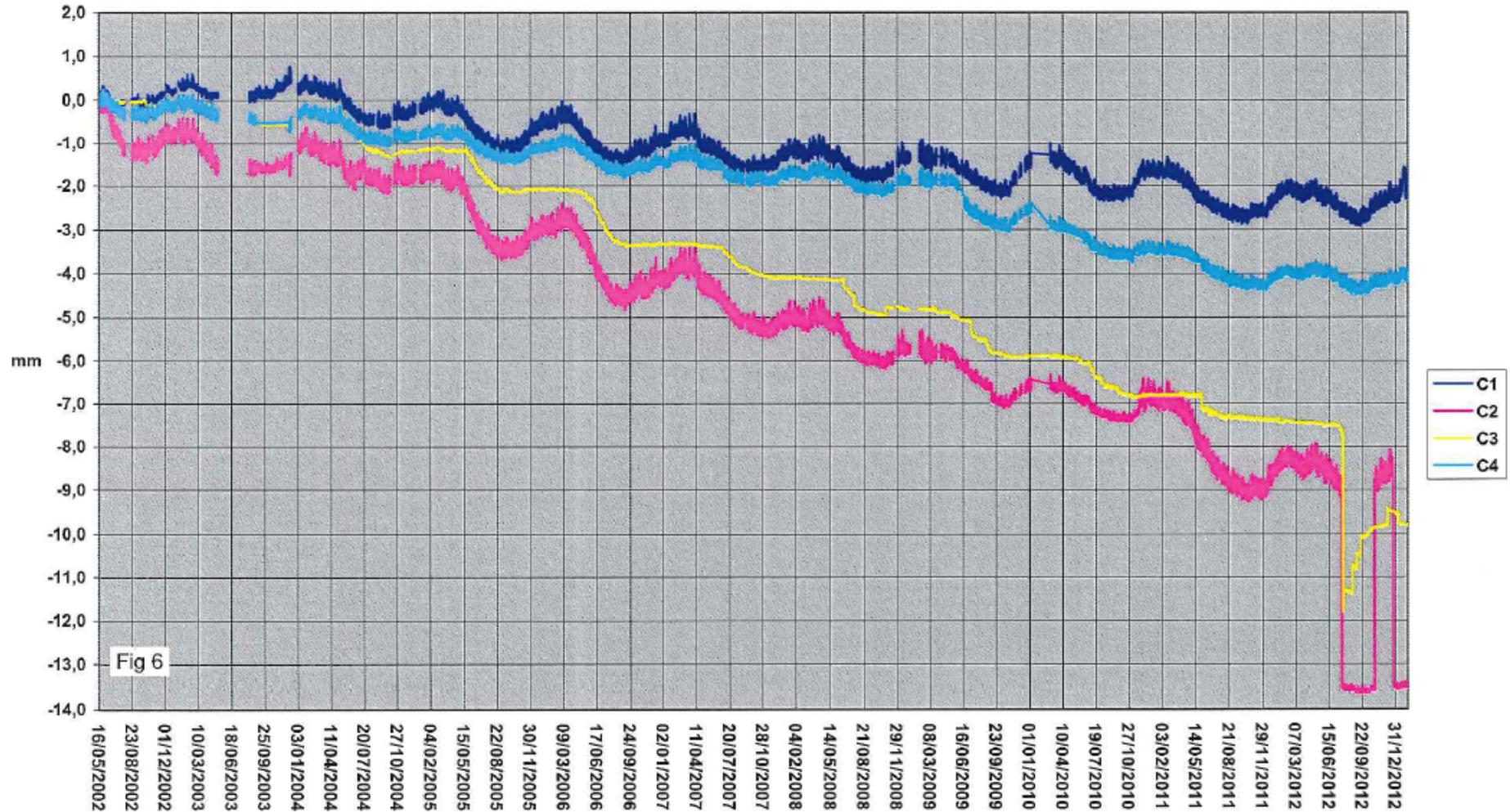


# Evolution des tassements absolus des piles du viaduc rive gauche

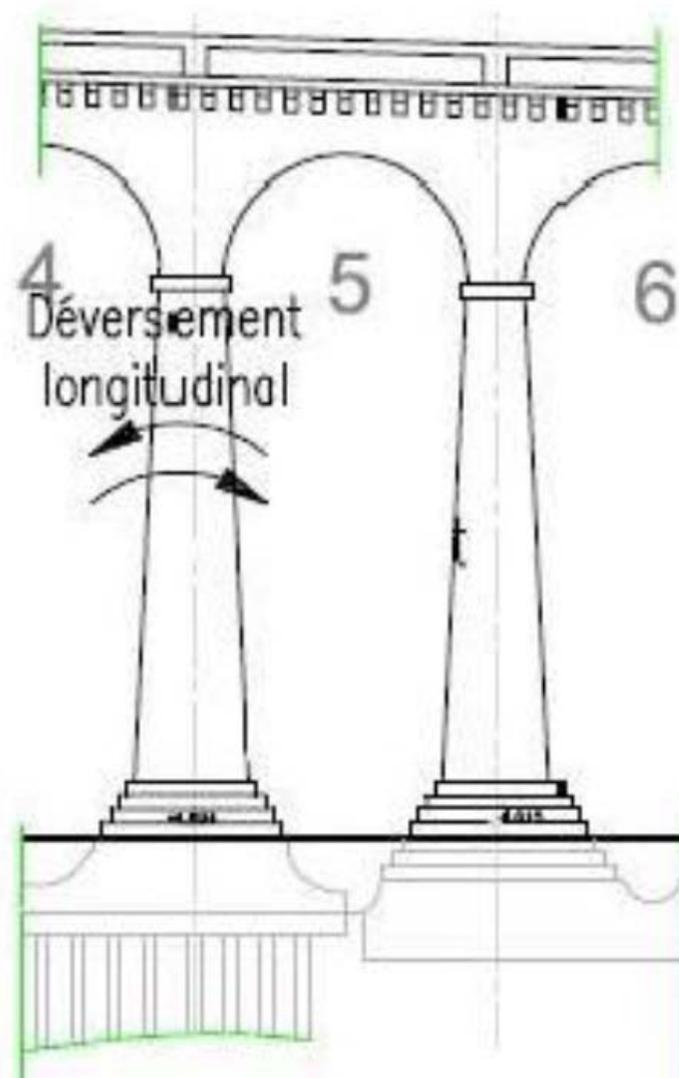
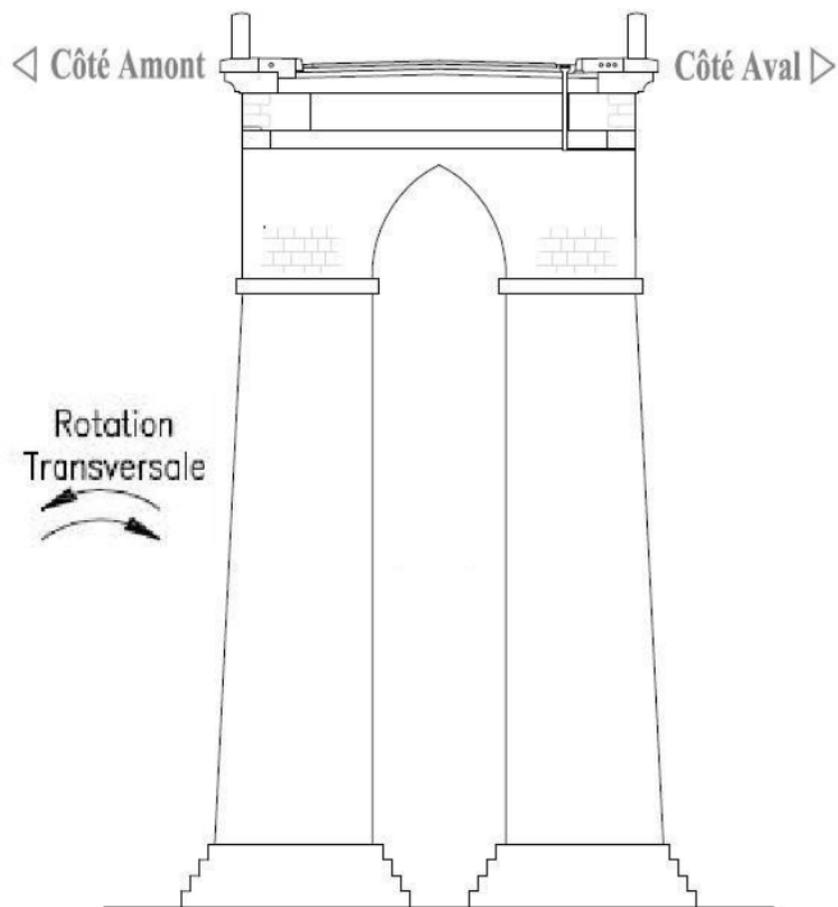


# Tassements des piliers G1 et G2 du viaduc rive gauche de 2002 à 2012

PT/DORDOGNE - CUBZAC - viaduc d'accès rive gauche  
Capteurs de déplacement  
du 16/05/2002 au 31/12/2012



## Actions des tassements différentiels et de la température





Adaptation des ouvrages en maçonnerie aux nouvelles conditions de service

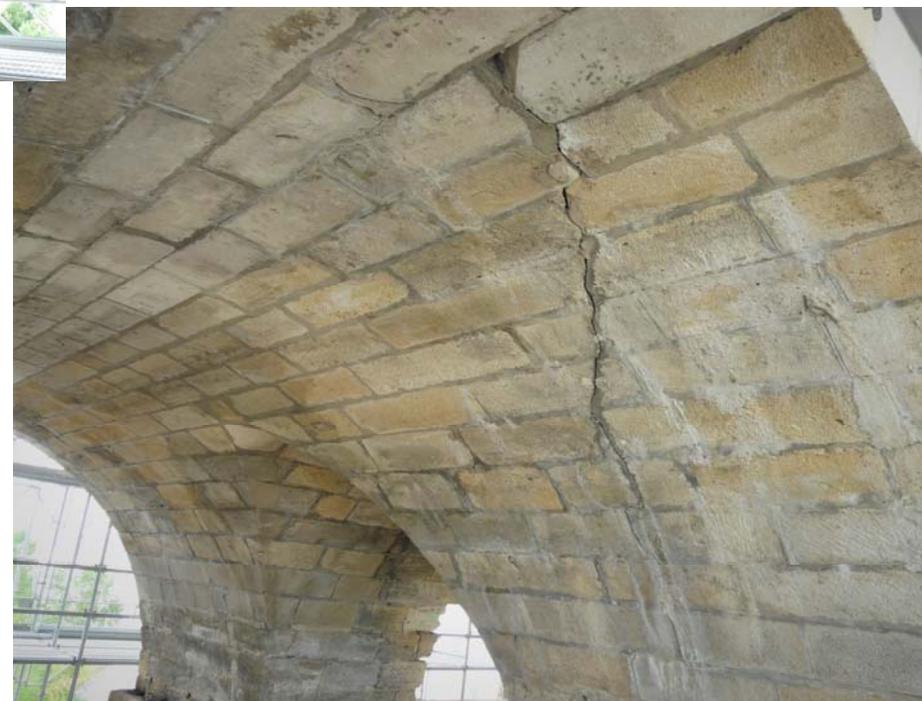
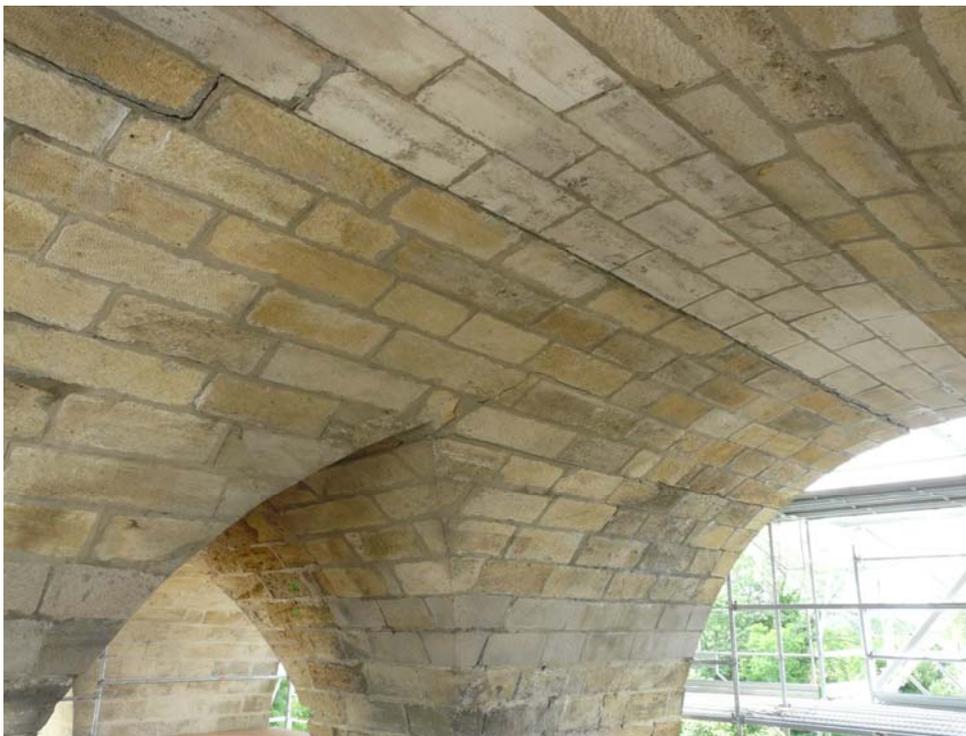
**Viaduc rive gauche**

**déversement transversal**

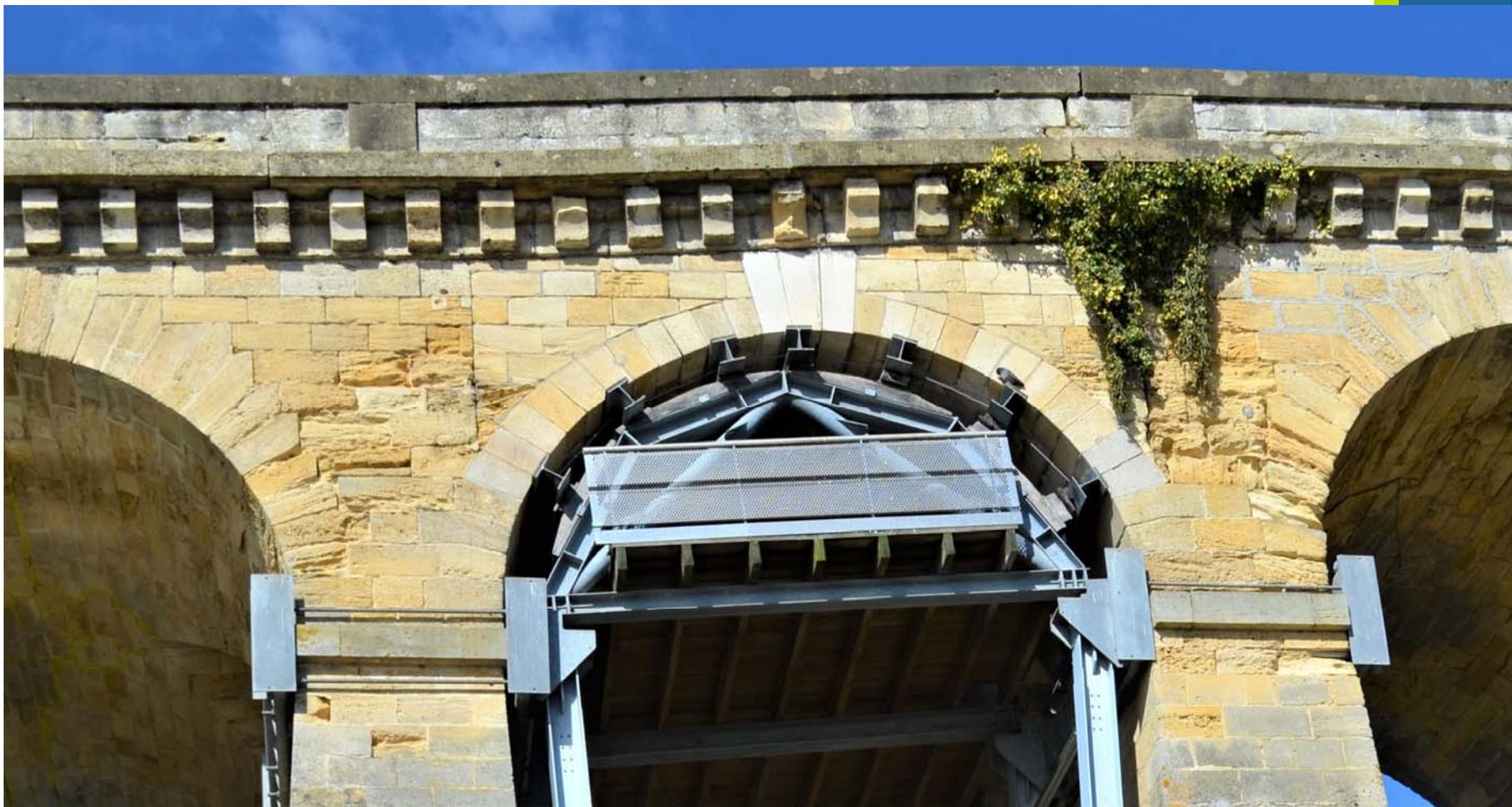
**vers l'aval**

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

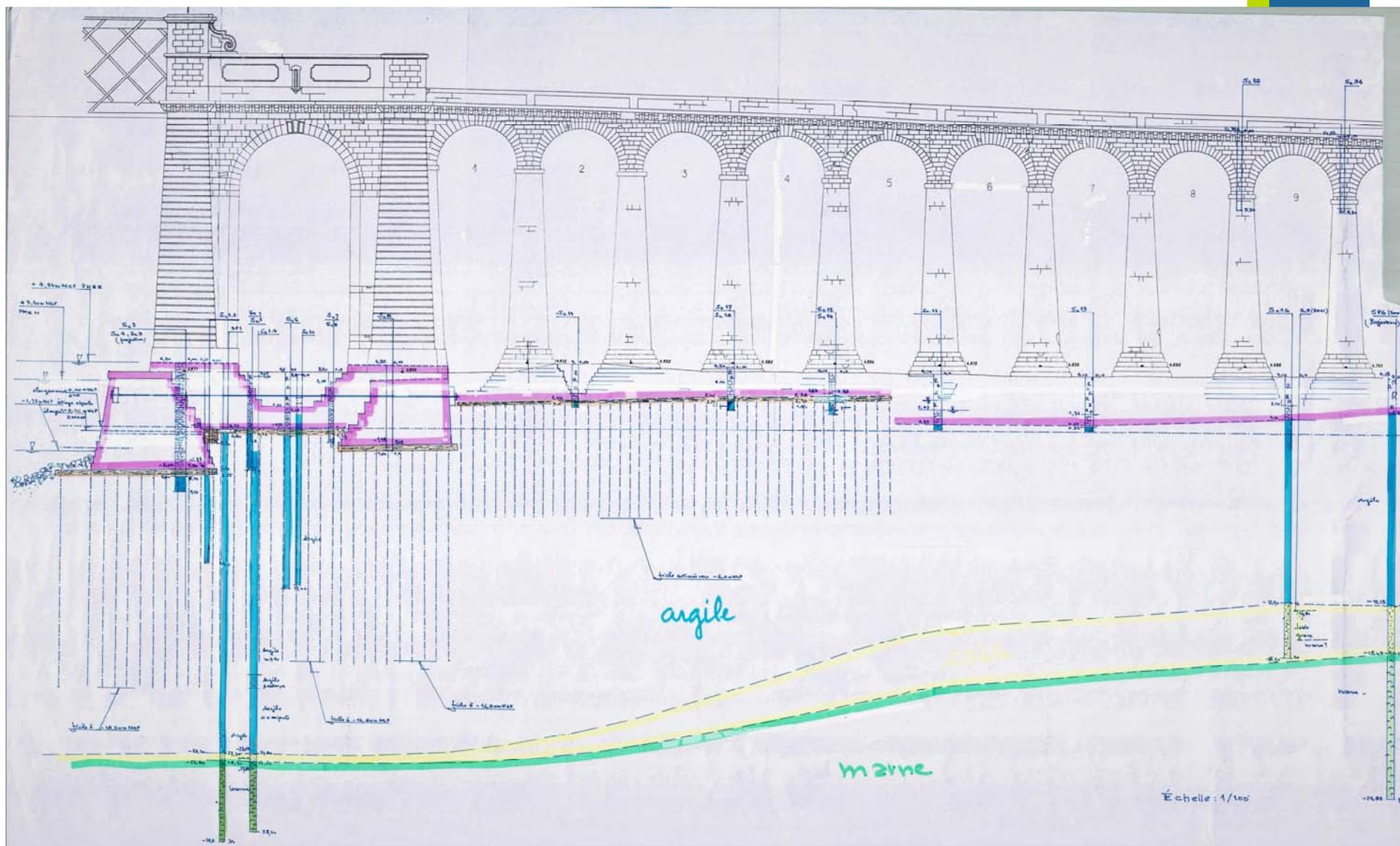
**Fracture biaise en amont sur la douelle**



## En 2002, mise sur étais de la voûte VG2

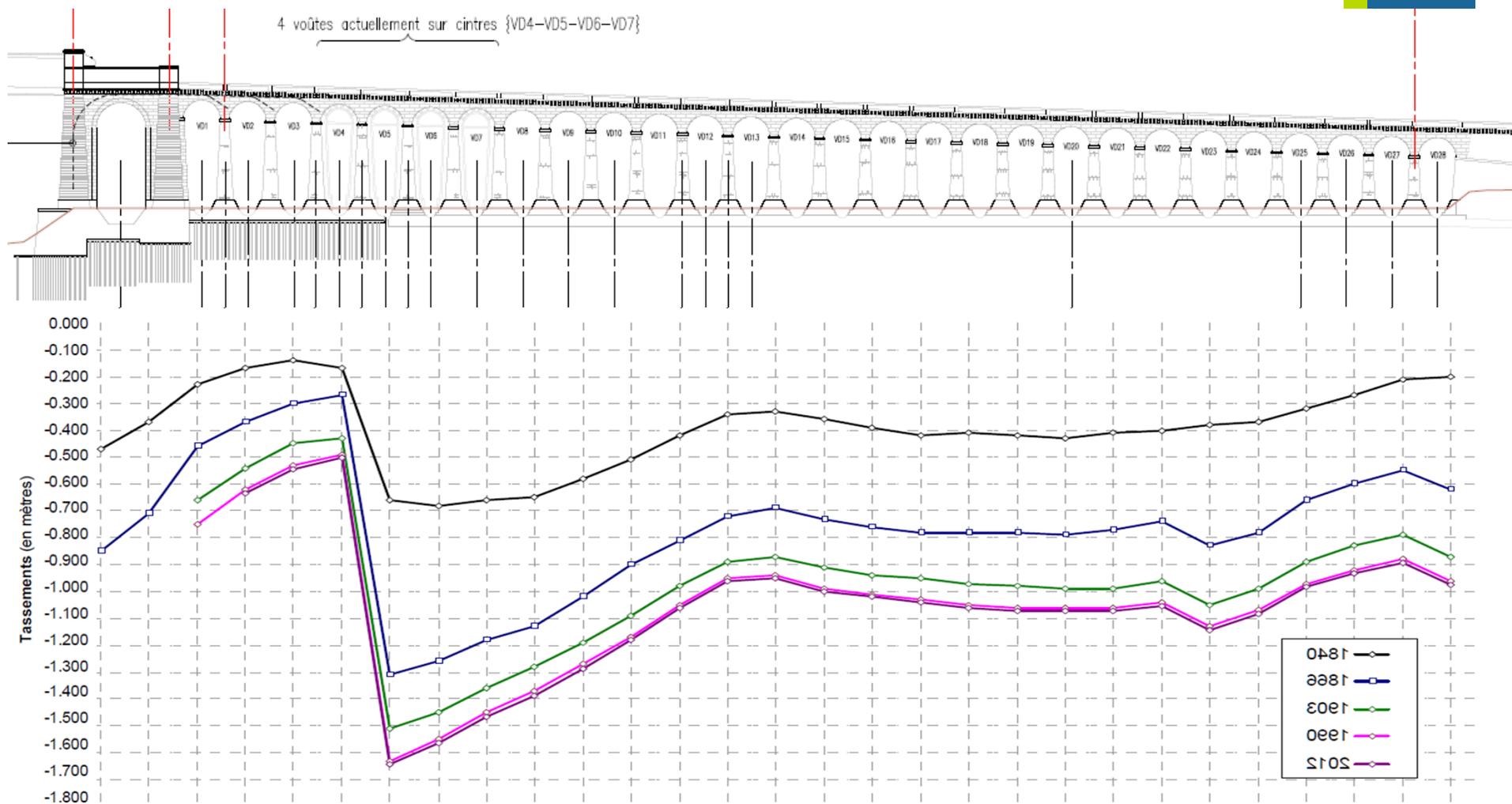


## Élévation – coupe amont du viaduc rive droite



## 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

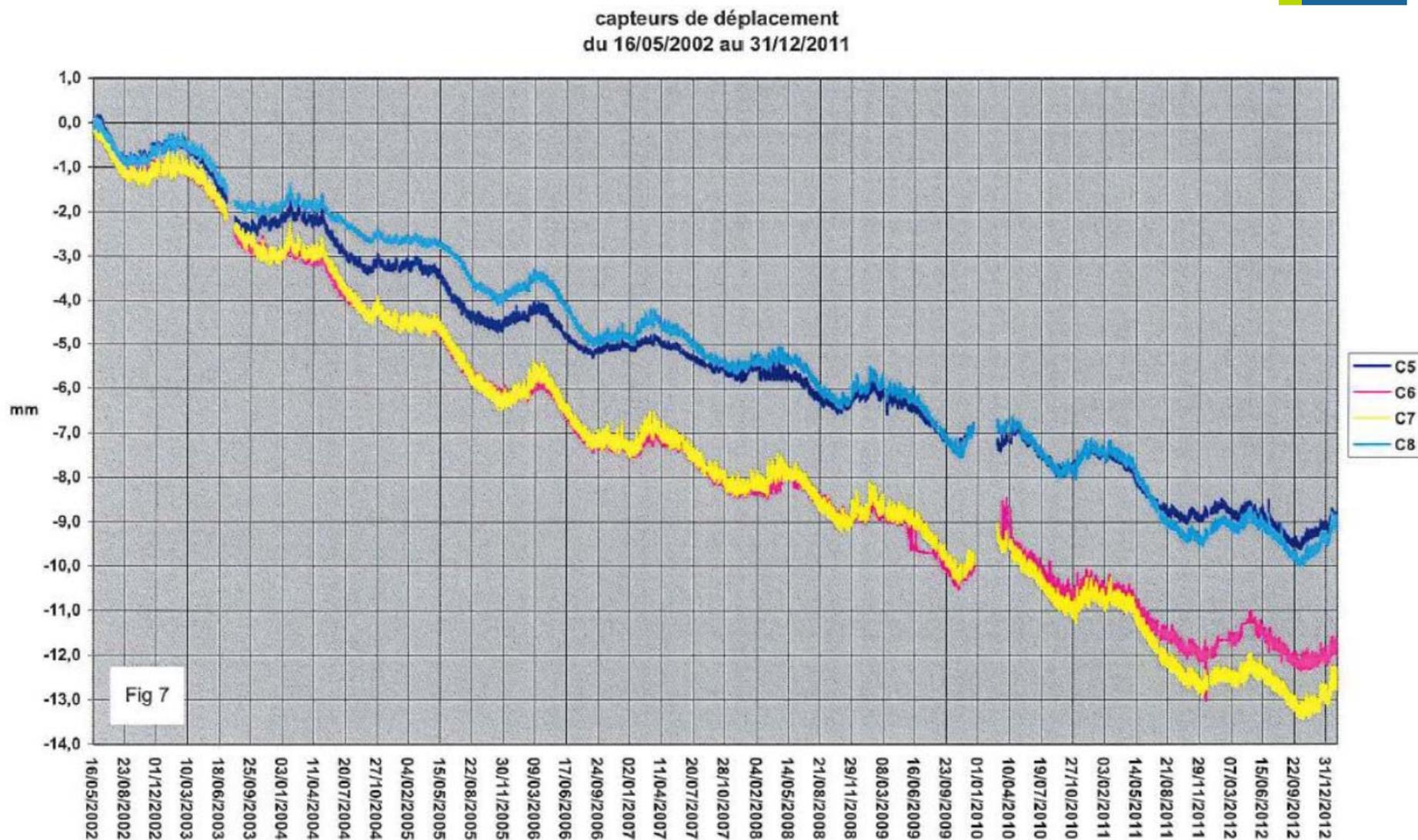
26



Adaptation des ouvrages en maçonnerie aux nouvelles conditions de service

Jeudi 21 septembre 2017

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



## Dégradation des pierres et mortiers dans les voûtes

28



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



## Bilan des connaissances sur les voûtes des viaducs

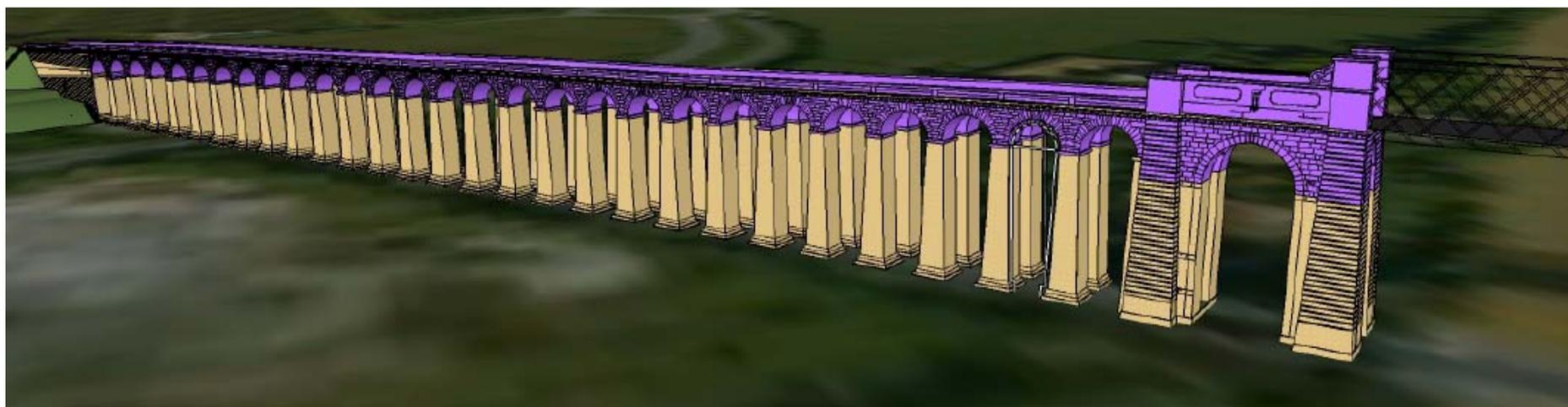
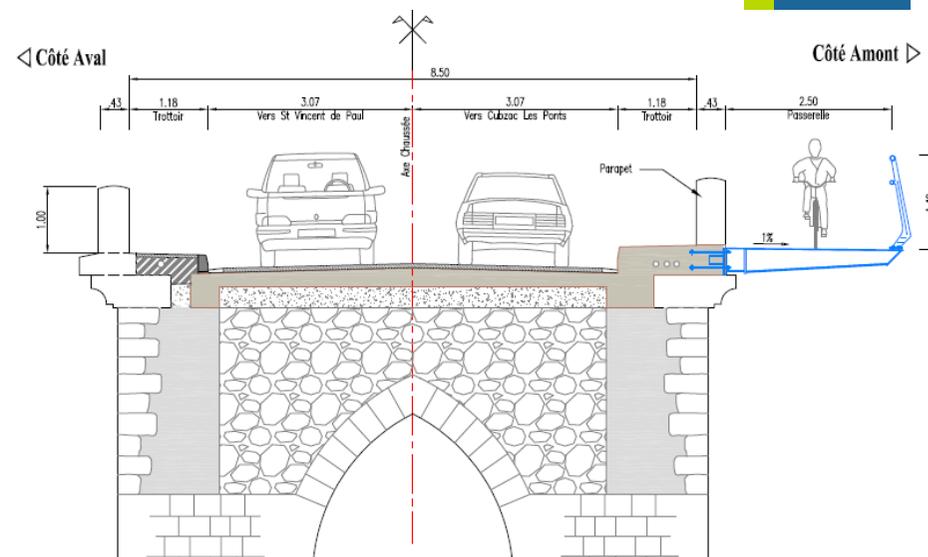
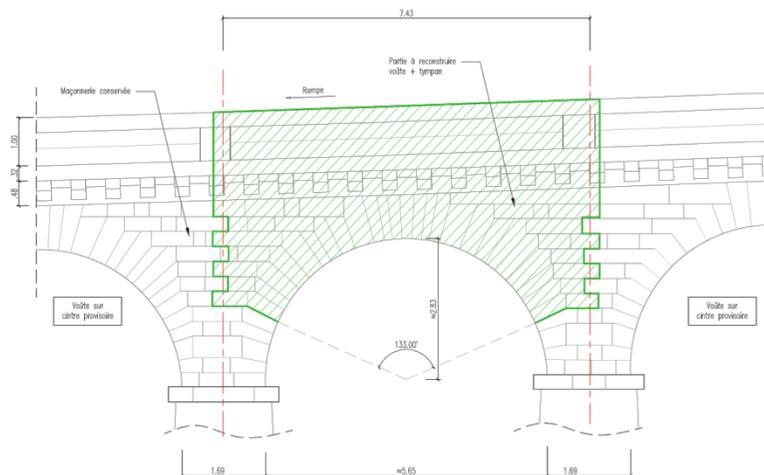
- 60 % des voûtes sont d'origine de 1836. Elles ont 185 ans,
- 30 % des voûtes sont de 1879. Elles ont 137 ans,
- Une voûte est étayée en rive gauche,
- Quatre voûtes sont étayées en rive droite,
- Les voûtes en plein cintre sont légèrement fissurées en clé,
- Les voûtes d'élévage ogivales sont ouvertes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

# Préconisations à respecter au projet

31

- 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 VDO et le tympan aval de la pile-culée rive droite

33

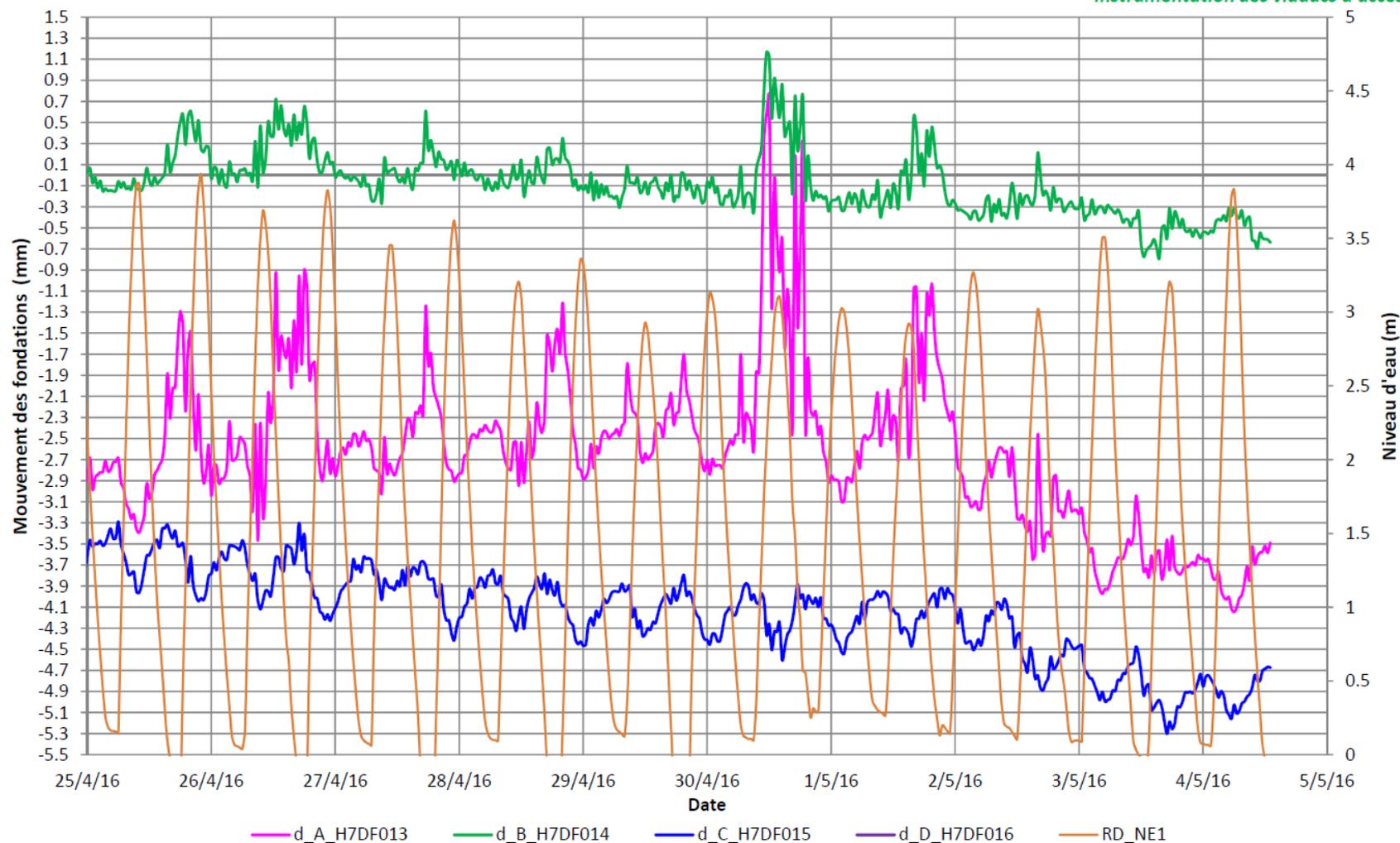


## Evolution des déplacements verticaux des piliers de la pile-culée rive droite avec le niveau d'eau

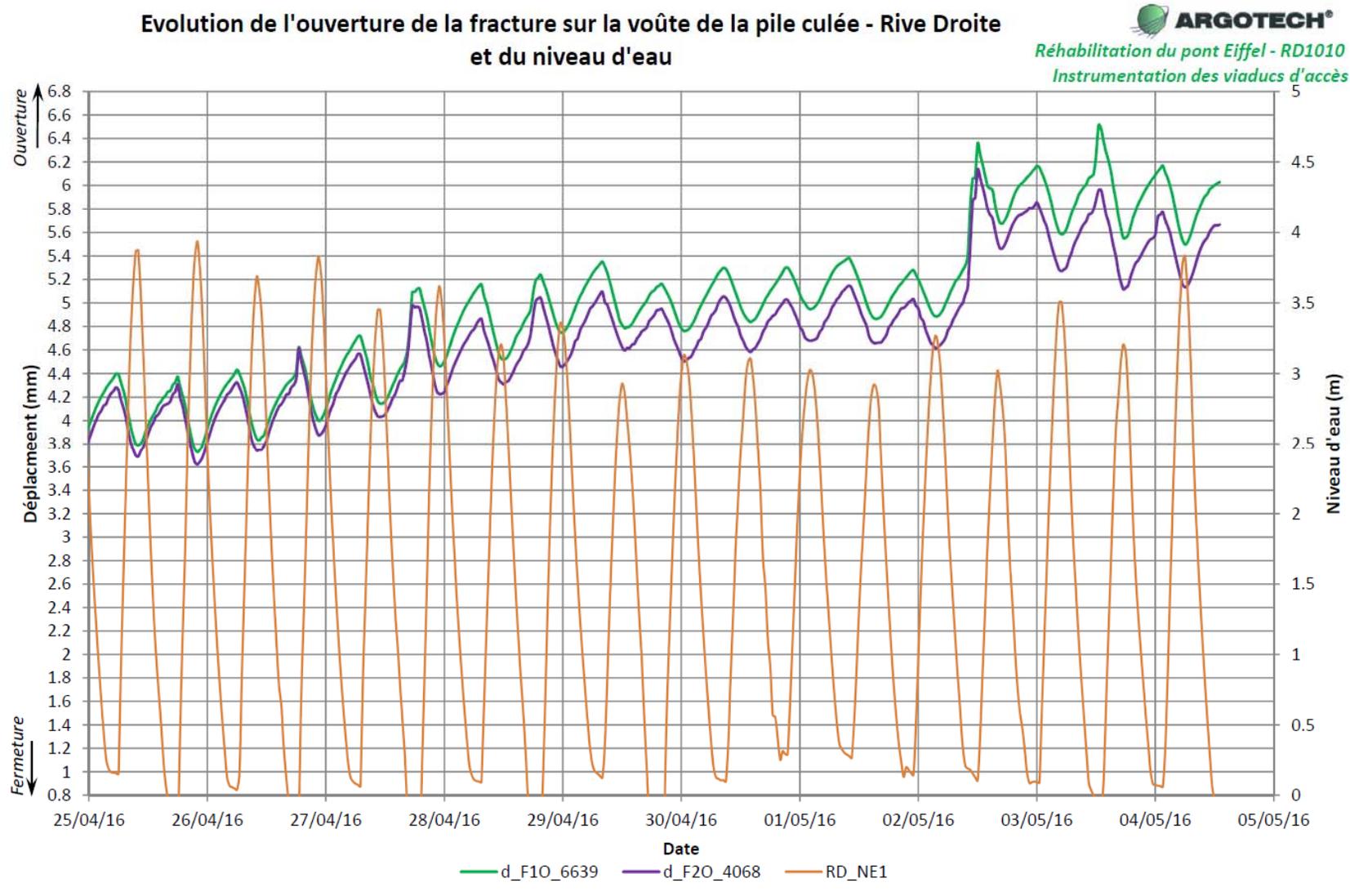
Evolution des tassements des fondations de la pile culée - Rive Droite  
et du niveau d'eau



Réhabilitation du pont Eiffel - RD1010  
Instrumentation des viaducs d'accès



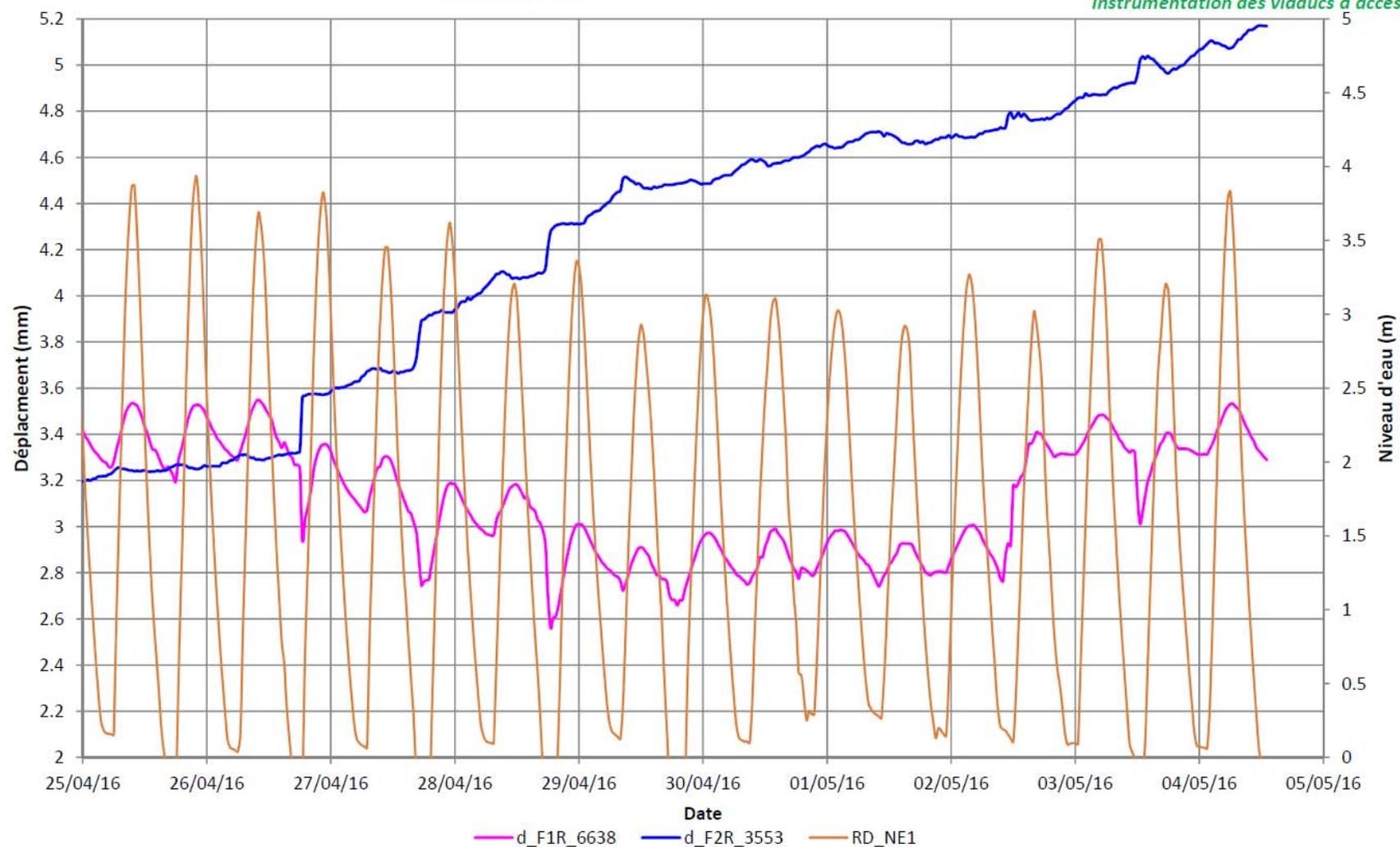
## Variation d'ouverture de la fracture en clé de voûte de VDO avec le niveau d'eau



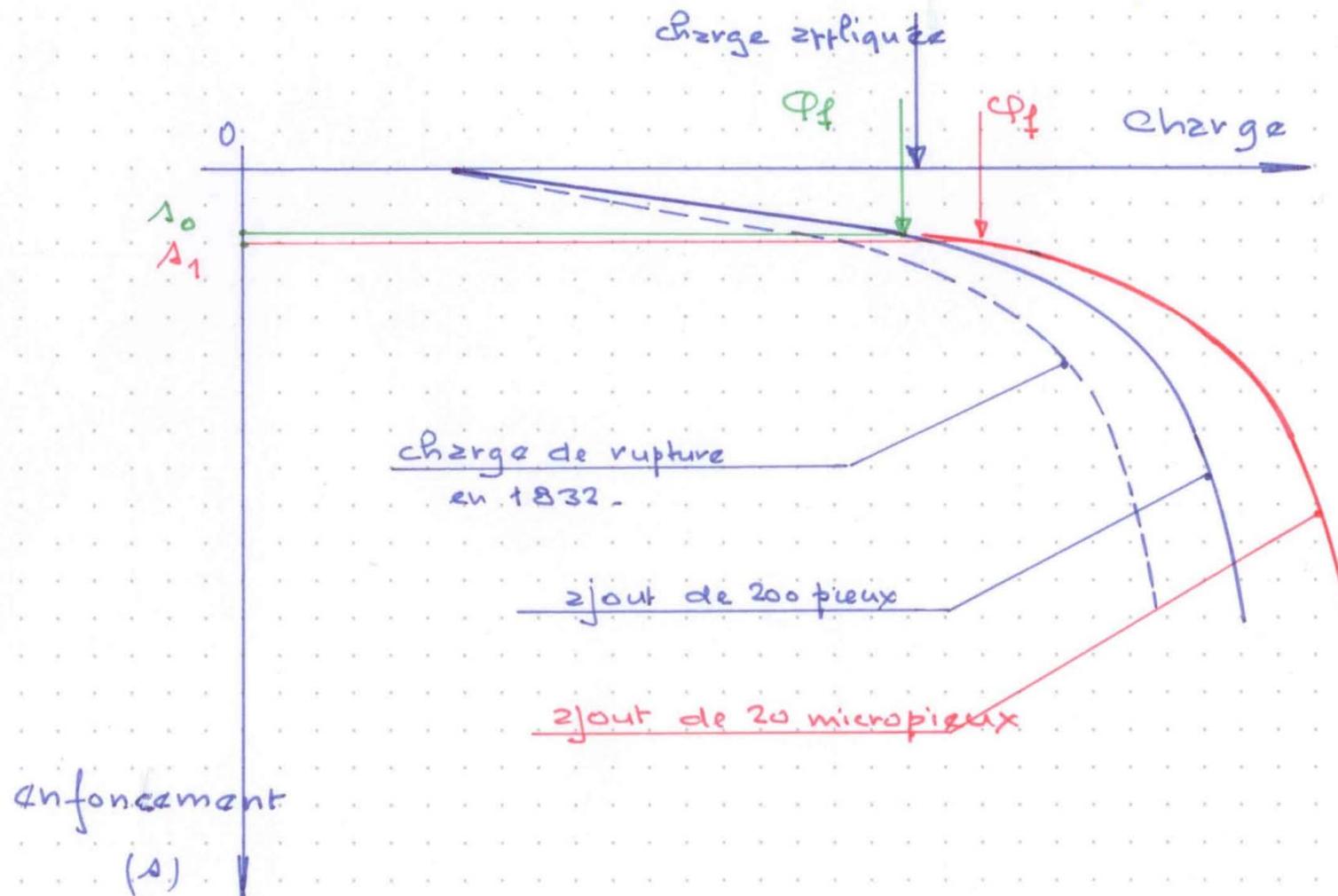
## Evolution du rejet en clé de voûte de VDO avec le niveau d'eau

Evolution du rejet de la fracture sur la voûte de la pile culée - Rive Droite  
et du niveau d'eau

**ARGOTECH®**  
Réhabilitation du pont Eiffel - RD1010  
Instrumentation des viaducs d'accès



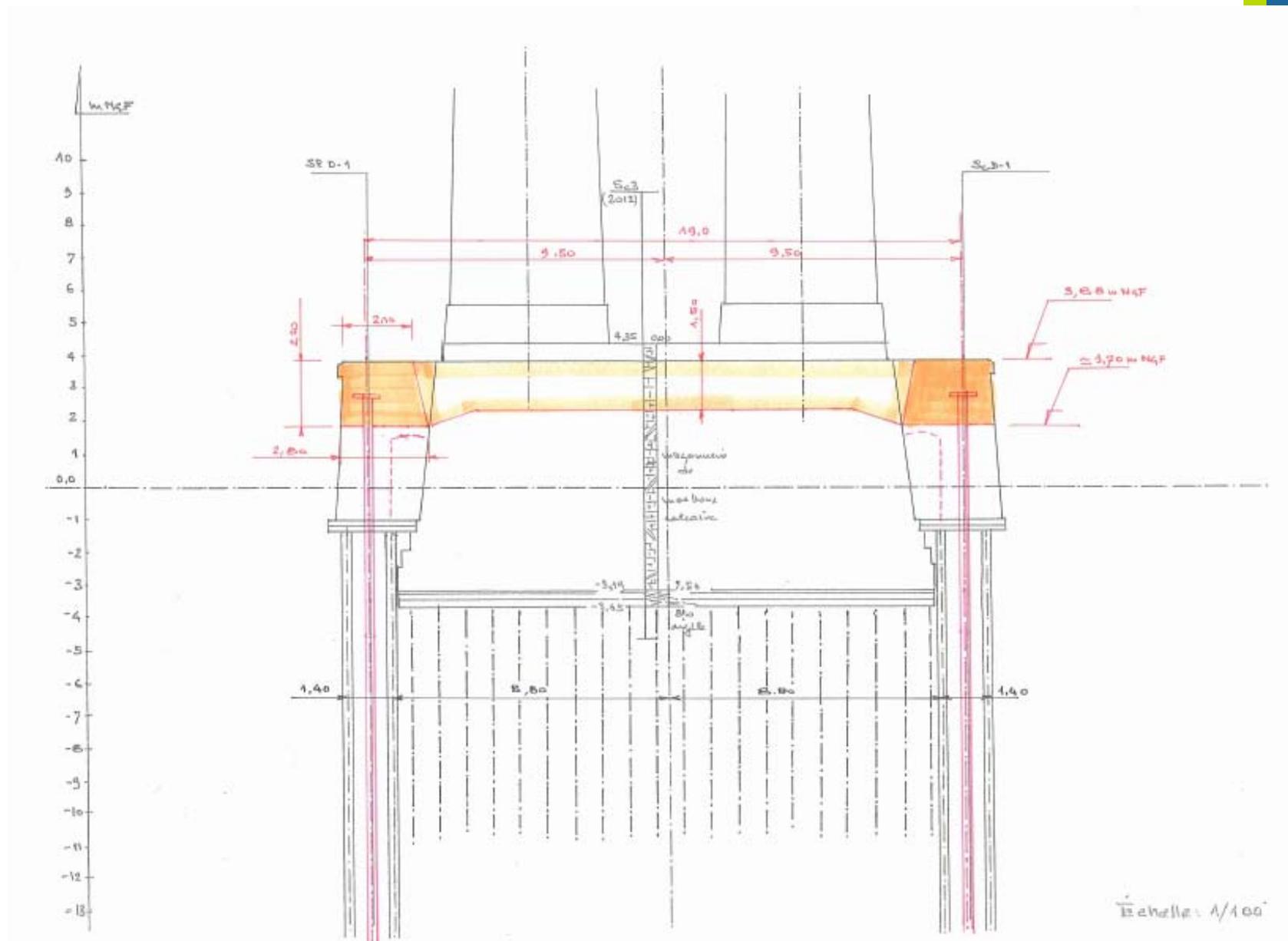
## Courbe de chargement d'une fondation et les enfoncements correspondants, justification du renforcement très partiel.



## 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

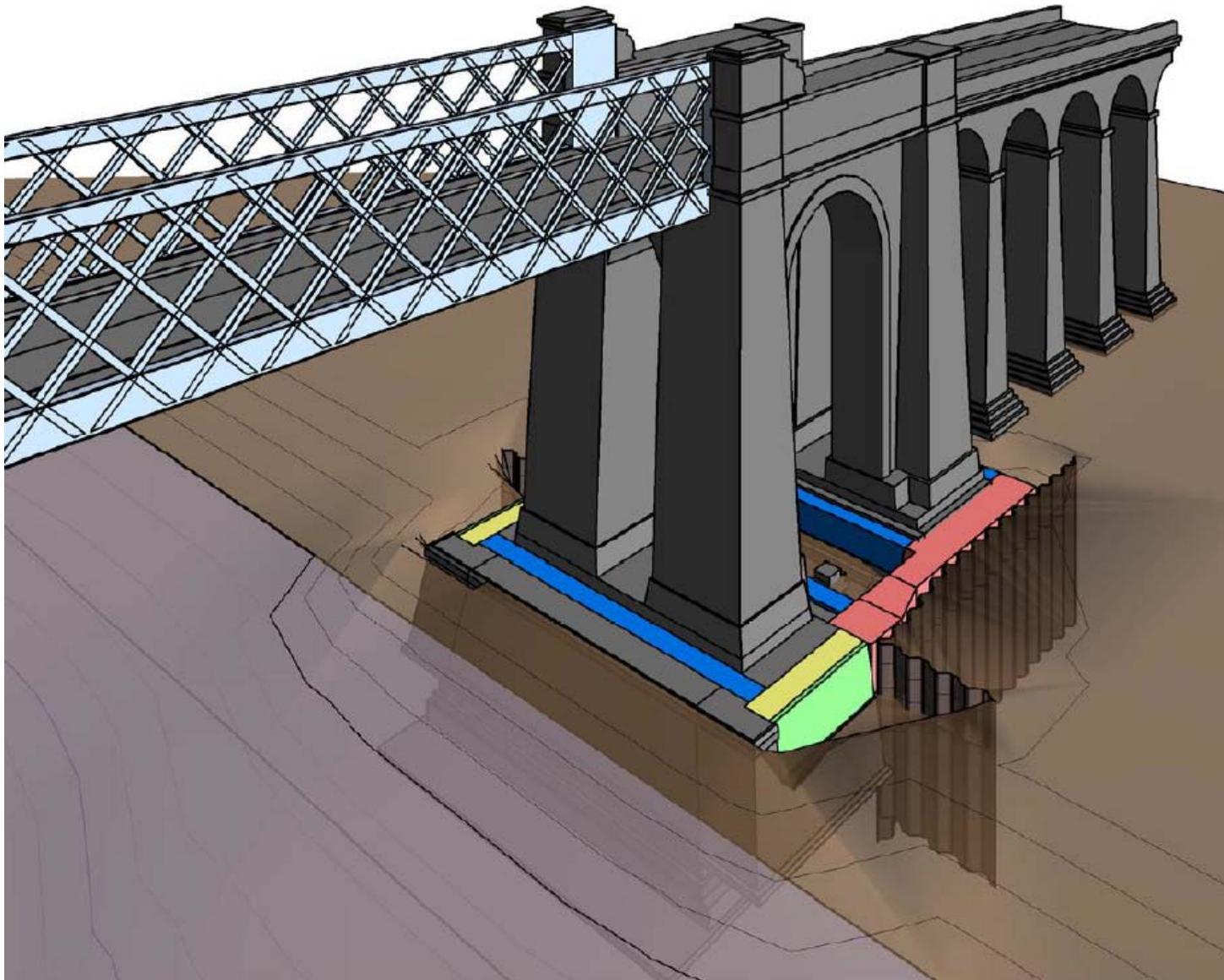


Adaptation des ouvrages en maçonnerie aux nouvelles conditions de service

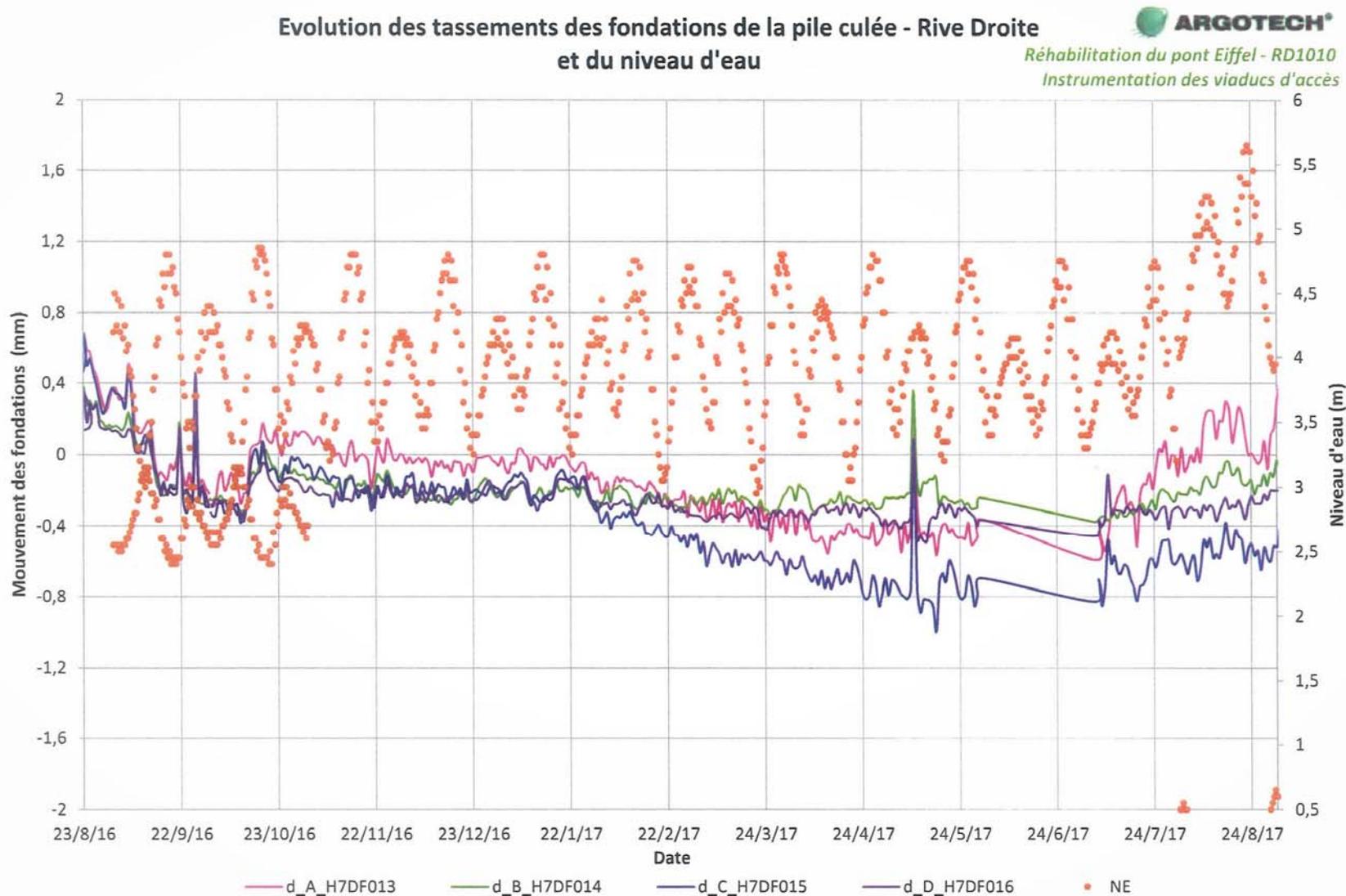


## Poutres de liaison des massifs de fondation aux micropieux

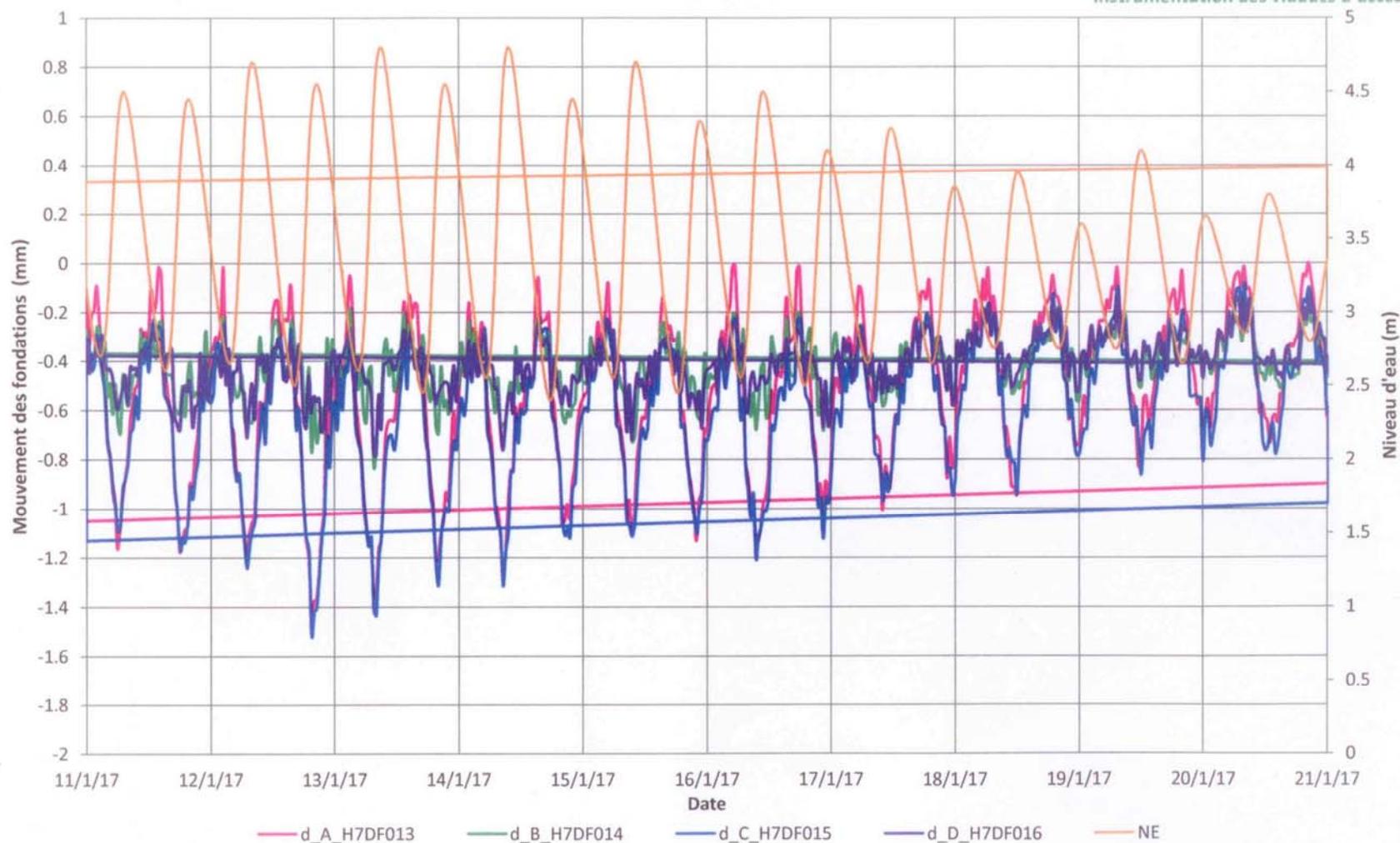
41



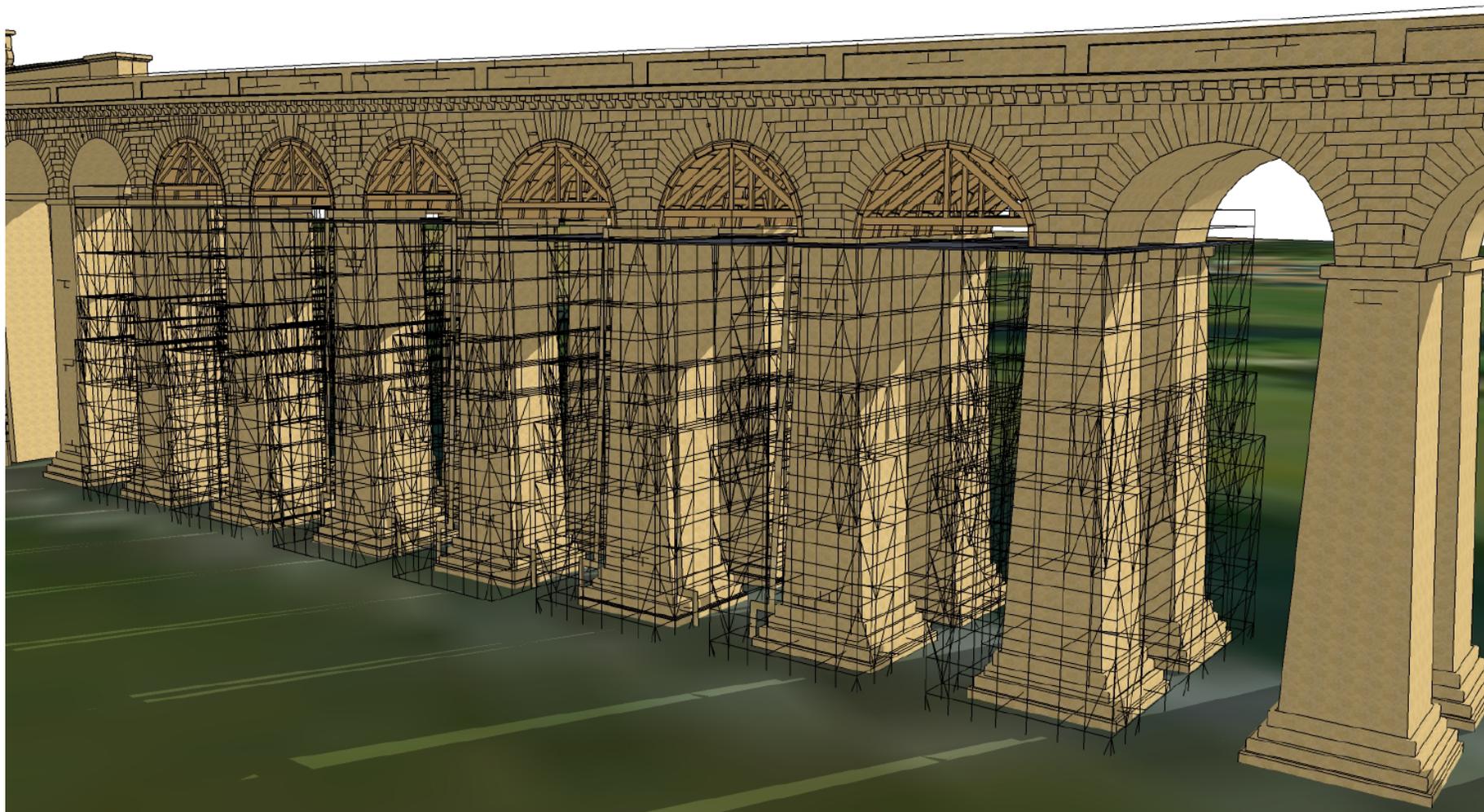
# Pile-culée aux fondations renforcées - évolution des déplacements d'août 2016 à août 2017



## 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

45



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

46



Adaptation des ouvrages en maçonnerie aux nouvelles conditions de service

Jeudi 21 septembre 2017

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

47



Adaptation des ouvrages en maçonnerie aux nouvelles conditions de service

Jeudi 21 septembre 2017

## Echafaudage et stockage des pierres démontées pour repose



## Démontage du bandeau amont de la voûte VG2

49



Adaptation des ouvrages en maçonnerie aux nouvelles conditions de service

Jeudi 21 septembre 2017

## 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

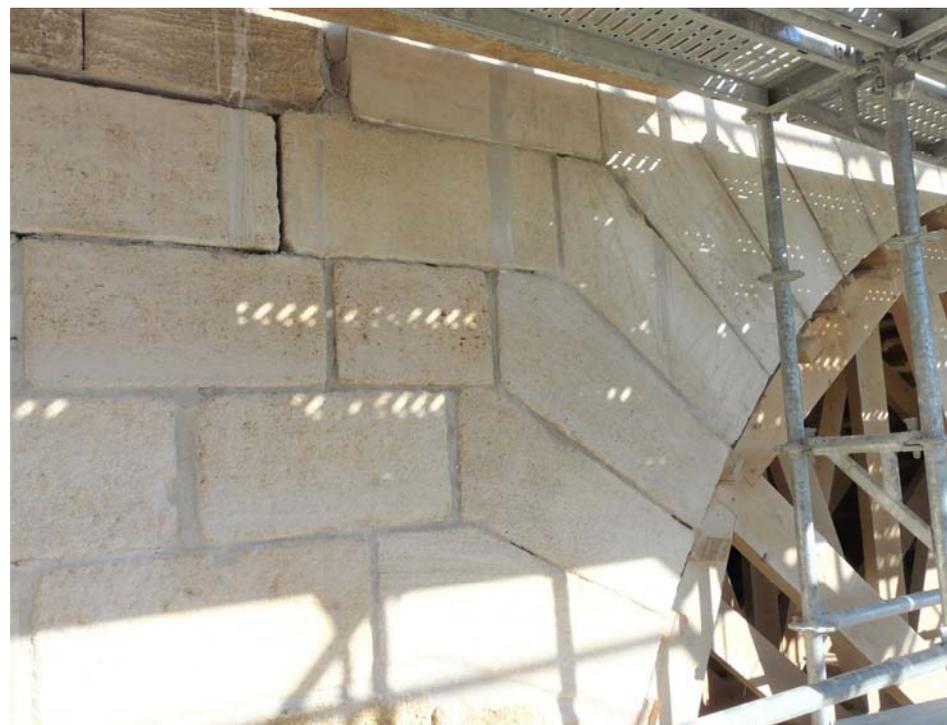
51



Adaptation des ouvrages en maçonnerie aux nouvelles conditions de service

Jeudi 21 septembre 2017

## Reconstruction du tympan aval et du tympan amont sur VG2



## En juin 2017, le tympan amont de VG2

53



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

54



Adaptation des ouvrages en maçonnerie aux nouvelles conditions de service

Jeudi 21 septembre 2017

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

55



## Calepinage des pierres à remplacer

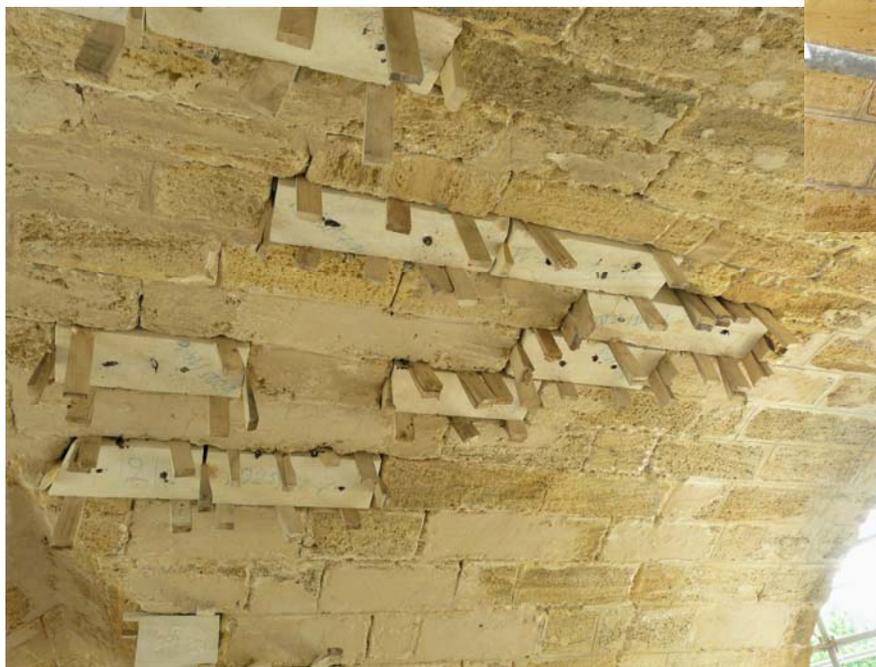


## Refouillement pour changement des pierres de la douelle



## Refouillement des pierres dégradées

pose et scellement de pierres neuves



Adaptation des ouvrages en maçonnerie aux nouvelles conditions de service

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

59



Adaptation des ouvrages en maçonnerie aux nouvelles conditions de service

Jeudi 21 septembre 2017

## Remplacement des voussoirs dégradés par des pierres neuves

60



Adaptation des ouvrages en maçonnerie aux nouvelles conditions de service

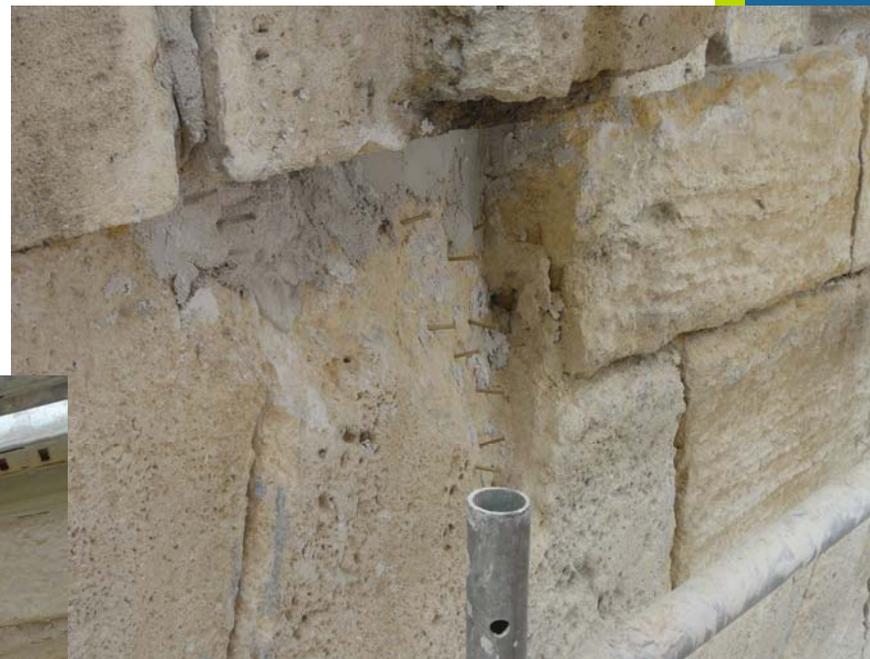
Jeudi 21 septembre 2017

## Scellement des pierres par un coulis de chaux, le coulinage

61



## Ragréage au mortier de chaux



Adaptation des ouvrages en maçonnerie aux nouvelles conditions de service

Disjointoiement

rejointoiement

finitions



## Une voûte remise en état

64

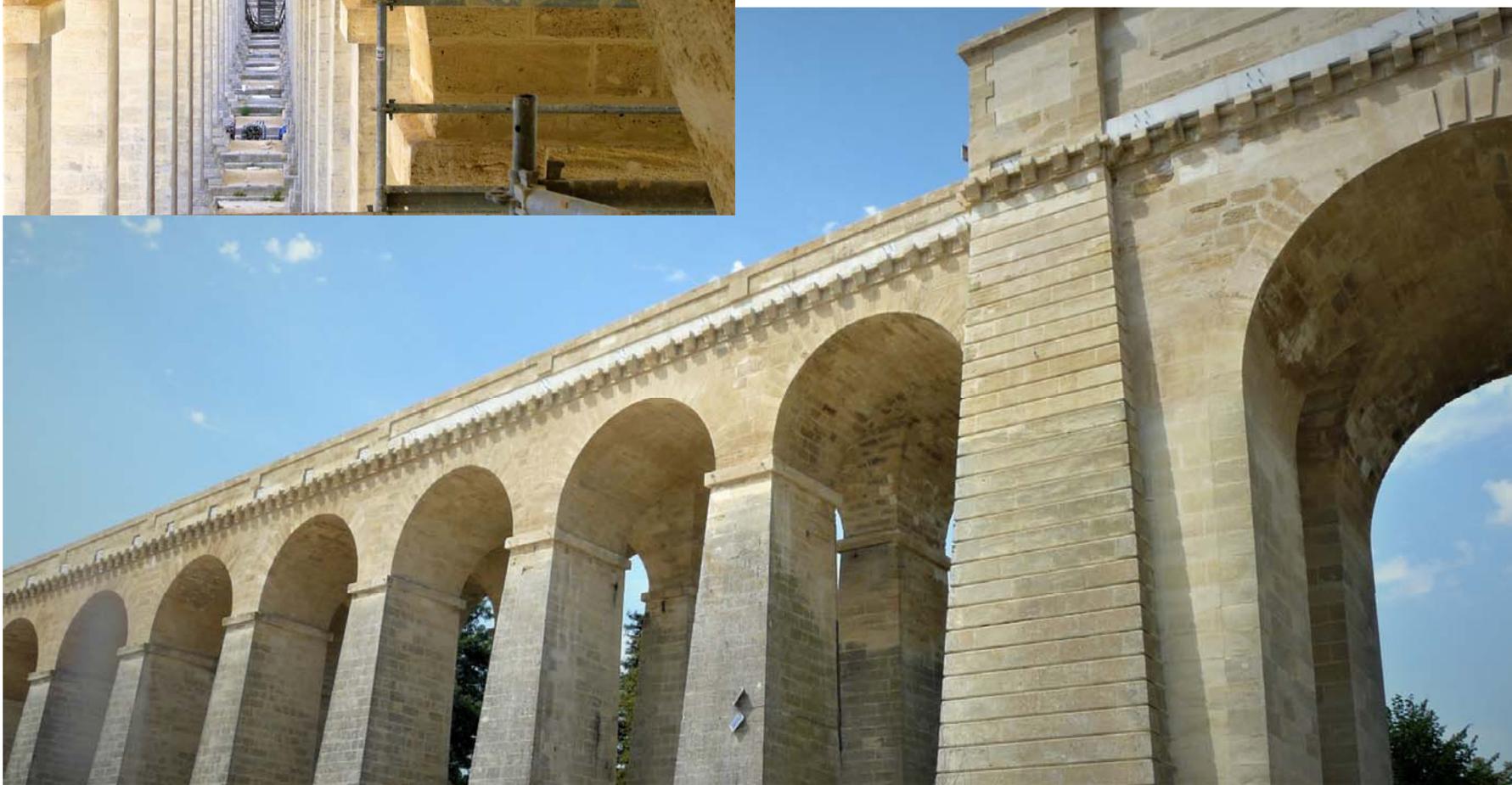
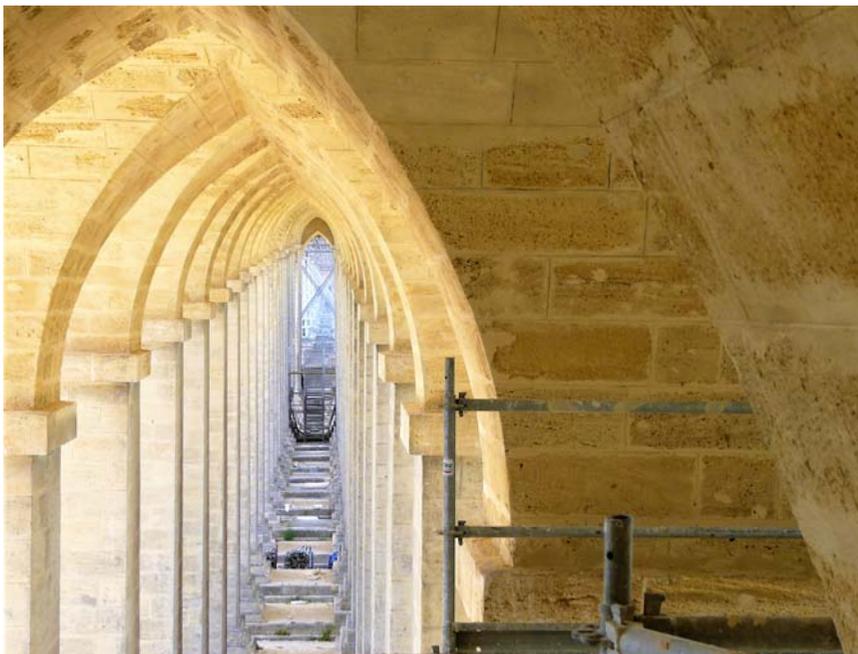


Adaptation des ouvrages en maçonnerie aux nouvelles conditions de service

Jeudi 21 septembre 2017

6 000 m<sup>2</sup> de parement

2 400 pierres remplacées

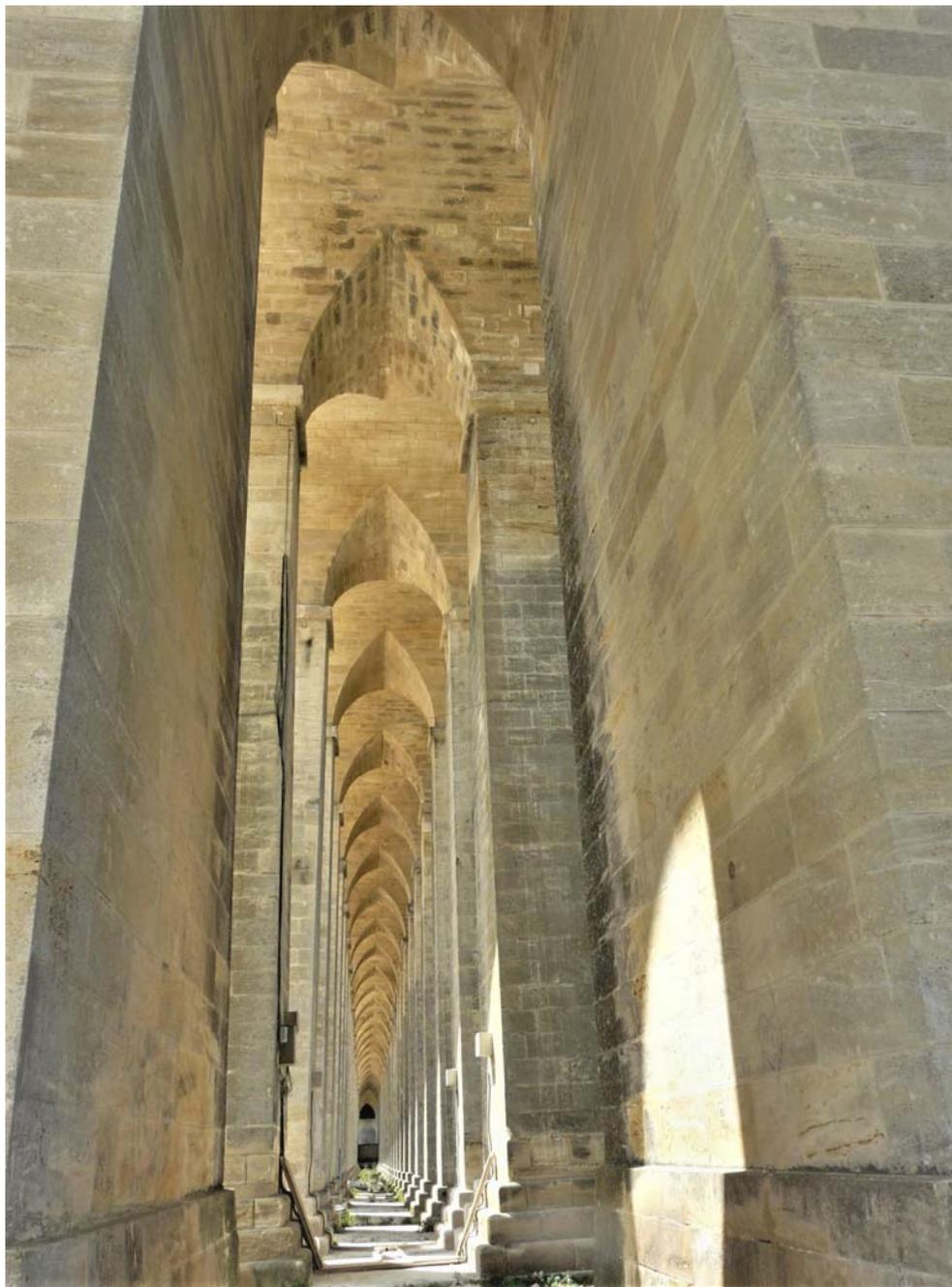




## Pose de la passerelle en encorbellement

Adaptation des ouvrages en maçonnerie aux nouvelles conditions de service

Jeudi 21 septembre 2017



Adaptation des ouvrages en maçonnerie aux nouvelles conditions de service

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

**Merci de votre attention**