

EDF PETITE HYDRO

GEH DORDOGNE

MAUZAC

24. Barrage de Mauzac

Pile RG transbordeur à batardeaux

**DIAGNOSTIC GÉNIE-CIVIL**



Figure 1: Figure 1 : Pile RG vue depuis la berge, en amont de l'ouvrage

N° rapport	Indice	Date
	A0-PREL	Juin 2021

Ce document est la seule propriété d'HYDROSTADIUM, il ne peut être modifié ou diffusé à des tiers sans autorisation écrite préalable.

Tableau de suivi de révision

Indice	Objet succinct de la révision	Date	Rédacteur	Vérificateur	Approbateur
A0-PREL	Édition initiale	28/06/2021	Olivier TURLIER	Cécile POULY	Vincent LABETOULE
<i>Signatures</i>					

Objet de la révision

Sans objet

Table des matières

1 Généralités 5

  1.1 Type de Mission confiée 5

  1.2 Objet de la mission 5

  1.3 Données d'entrée 5

    1.3.1 Documents EDF/HSM 5

    1.3.2 Normes, règlements & guides 6

    1.4 Contenu de la mission 6

      1.4.1 Analyse du dossier de l'ouvrage 6

      1.4.2 Visite sur site 6

      1.4.3 Rapport de diagnostic et préconisations 6

2 Présentation de l'ouvrage 7

  2.1 Aménagement 7

  2.2 Ouvrage diagnostiqué 8

    2.2.1 Localisation 8

    2.2.2 Fonction 8

    2.2.3 Description & repérage des faces 8

3 Diagnostic 11

  3.1 Analyse du dossier de l'ouvrage 11

  3.2 Inspection Détaillée 12

    3.2.1 Inspection visuelle sur site 12

      3.2.1.1 Constats généraux 12

      3.2.1.2 Faciès d'altération principaux 12

      3.2.1.3 Faciès d'altération secondaires 15

    3.2.2 Auscultations 17

      3.2.2.1 Martelage dynamique 17

      3.2.2.2 Carbonatation 17

      3.2.2.3 Fissuration 17

3.2.3 Recherche RGI (prestation externe)	18
3.2.3.1 Carottages	18
3.2.3.2 Analyses en laboratoire	19
3.3 Synthèse du diagnostic	19
3.3.1 Fissuration	19
3.3.2 Suspicion de Réaction de Gonflement Interne : principes	19
3.3.3 État général ouvrage	20
3.4 Pronostic	20
3.4.1 Cinétique dégradations	20
3.4.2 Avis gravité/urgence	20
4 Préconisations	21
4.1 Complément d'analyse (suspicion RGI)	21
4.2 Travaux de réfection à courte échéance	21
4.2.1 Réfection éclats béton	21
4.2.2 Étanchéité terrasse de la Pile RG	21
4.2.3 Parements	22
5 Annexes	23
5.1 Indice de fissuration : photos & feuilles de relevé sur site	23
5.2 Logigramme de détection de RGI (fiche D1-3)	26
5.3 Dossier photo	27

## Généralités

### Type de Mission confiée

La mission confiée est une expertise de type DIAG+PRECOS.

Cette expertise inclut les éléments suivants :

- DIAG :
  - ▶ Analyse du besoin
  - ▶ Analyse des données d'entrée
  - ▶ Visite sur site :
    - Inspection visuelle détaillée
    - Auscultations : tests de fissuration et de carbonatation
    - Mesures dimensionnelles
    - Photographies
    - Repérage pour carottages
  - ▶ Prestation externe :

- Carottages : 3 emplacements x 8 unités = 24 carottes
- Suspicion RGI<sup>1</sup> (= suspicion RAG<sup>2</sup> ou RSI<sup>3</sup>) :
  - Analyse minéralogique
  - Analyse pétrographique
  - Détection des gels d'alcali-réaction
- Mesure de la classe de résistance à la compression
- Mesure de la porosité
- Rapport de diagnostic, incluant les conclusions de la recherche de RGI
  - Constats
  - Avis (suspicion RGI oui/non, état général)
  - Pronostic
- Dossier photos
- Plan, coupes et façades
- PRECOS
  - Préconisations sur les actions à mener à court, moyen et long terme (maintenance corrective)
    - Surveillance de l'ouvrage : périodicité
    - Travaux de réfection à minima (maintien en conditions opérationnelles)
  - Maintenance préventive :
    - Besoin oui/non fonction avis de diag
    - Travaux extensifs (rénovation importante)

## **Objet de la mission**

- Investiguer la possibilité d'une réaction type « RGI<sup>1</sup> » (Réaction de Gonflement Interne du béton) pour donner suite au constat d'une fissuration assez prononcée, constat réalisé lors de la dernière VTA (2018).
- Évaluer l'impact de ces altérations sur la tenue structurelle de l'ouvrage

## **Données d'entrée**

### **Documents EDF/HSM**

1. Expression des besoins (= lettre accompagnement VTA) :
 

Pile RG : suspicion RGI => carottage analyse labo  
*HSM-24-MAUZAC VTA GC BARRAGE 2018-Lettre d'envoi-A*
2. VTA 2018 :
 

*HSM-24-MAUZAC VTA GC BARRAGE 2018-A*
3. VTA 2014 :
 

*IH\_TA-COBA\_VTAGC-MAUZAH\_00001\_A*

---

<sup>1</sup>RGI : Réaction de Gonflement Interne

<sup>2</sup>RAG : Réaction Alcali-Granulat

<sup>3</sup>RSI : Réaction Sulfatique Interne

4. Inspection-diagnostic DTG 2012 :  
*2012\_DIAG AUSCULTATION\_D4179RAP2012-10315-A*

### **Normes, règlements & guides**

- Méthode LCPC mesure indice de fissuration
  5. LCPC : Méthode d'essai N°47 (1997) – *indice de fissuration* –
  5. LCPC : Méthode suivi dimensionnel et de suivi de la fissuration des structures – application aux structures atteintes de réaction de gonflement interne du béton (2009)
- Méthode mesure profondeur carbonatation
  5. IFFSTAR (nouveau LCPC) : fiche B2-2 (2015)
  6. NF EN 14630
  7. XP 18-458
- Méthodes auscultations et analyses du béton durci
  5. Carottage béton : fiche A1-1 (IFFSTAR)
  6. Diagnostic d'une RGI : fiche D1-3 (IFFSTAR)
  7. Détection RAG : fiche A1-4 (IFFSTAR)
  8. Analyse minéralogique du béton : fiche A1-2 (IFFSTAR)
  9. Analyse pétrographique du béton : fiche A1-3 (IFFSTAR)
  10. Détection des gels d'alcali-réaction par Fluorescence des ions uranyl : fiche A1-4 (IFFSTAR)
  11. Recommandations pour la prévention des désordres dus à la réaction sulfatique interne : IFFSTAR (2017)

## **Contenu de la mission**

### **Analyse du dossier de l'ouvrage**

Recherche de tous indices pouvant amener à la suspicion de RGI

### **Visite sur site**

#### **Prestations :**

- Visite sur site de l'ouvrage, inspection visuelle détaillée
- Auscultations :
  - ▶ Martelage
  - ▶ Profondeur de carbonatation
  - ▶ Indice de fissuration
- Photographies
- Mesures et contrôles dimensionnels

### **Rapport de diagnostic et préconisations**

#### **Livrables :**

- Rapport (DIAG+PRECOS)
- Dossier photo

# Présentation de l'ouvrage

## Aménagement

L'aménagement de Mauzac est situé sur la Dordogne à 30 km à l'amont de la ville de Bergerac (24). Il a été mis en service en 1924. Cette centrale dépend du Groupe d'Exploitation Hydraulique Dordogne situé sur le territoire de l'Unité de Production Centre.

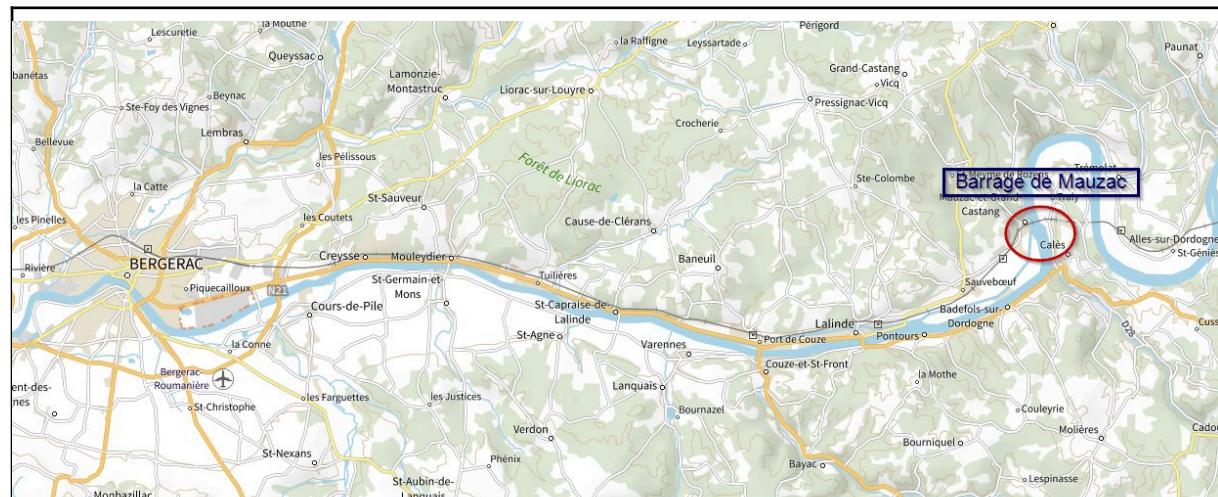


Figure 2 : Implantation de l'aménagement de Mauzac

L'aménagement comporte un barrage mobile de 300 m de longueur et 6,07 m de hauteur (classe C), un canal d'amenée et une usine hydroélectrique. Le canal et l'usine sont implantés sur la rive gauche de la Dordogne. Le barrage de Mauzac est de classe C



Figure 3 : Barrage et usine de Mauzac, vue aérienne

## Ouvrage diagnostiqué

### Localisation

La pile RG est située 20 m en retrait du plan d'eau sur la berge RG.

Elle constitue l'extrémité du pont transbordeur, ouvrage métallique de type treillis servant à manipuler les batardeaux d'obturation du canal usinier.



Figure 4 : localisation de la Pile RG et visualisation des batardeaux – sur la droite de l'image

### Fonction

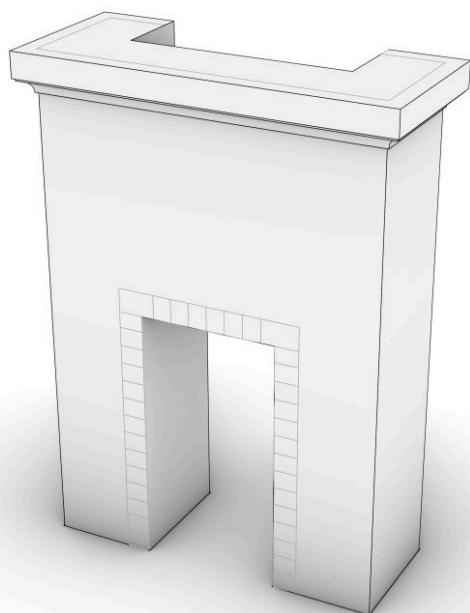
Culée d'appui d'un ouvrage métallique servant à gruter les batardeaux de leurs positions de stockage (éléments linéaires gris foncé visibles à droite sur la Figure 4) sur la berge jusqu'à dans leurs rainures pour isoler la tête du canal d'aménée.

### Description & repérage des faces

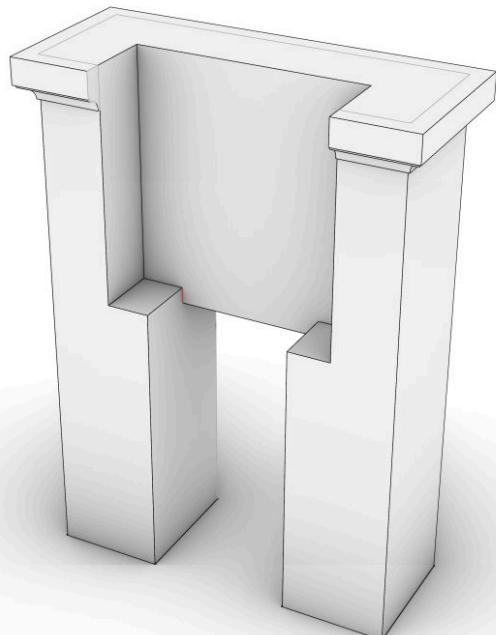
Ouvrage en béton armé enduit et peint constitué de 2 pieds-droits surmontés d'un chevêtre massif. Une ouverture centrale laisse passer les batardeaux. La terrasse sommitale, en forme de fer à cheval, n'est pas protégée contre les venues d'eau (absence d'étanchéité).

C'est le chevêtre qui fait office de culée car il reçoit les appuis des poutres métalliques (appui sans glissement et scellement en plein)

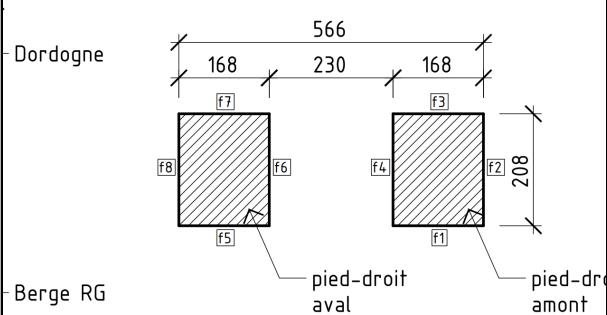
Les dimensions approximatives de l'ouvrage, issues du relevé dimensionnel sur site, sont les suivantes :



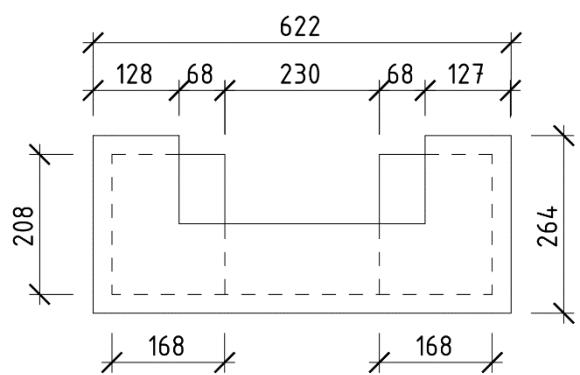
: perspective amont côté berge RG



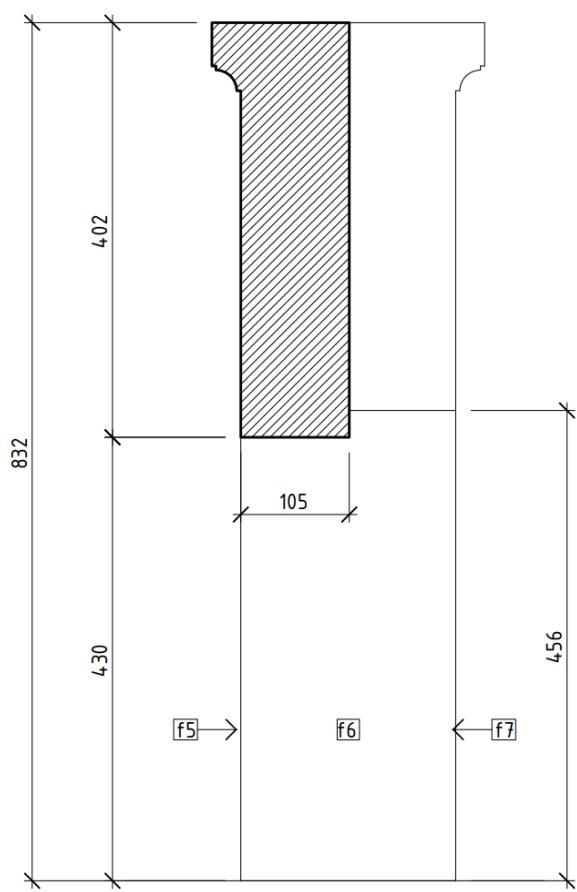
: perspective aval côté Dordogne,  
appuis de la culée du pont transbordeur visibles



: plan-coupe des pieds-droits @+1m/TN



: plan terrasse supérieure, avec trace des pieds-droits.



: coupe axiale sur chevêtre



Figure 10 : Pile RG → élévation coté Dordogne/  
retenue du plan d'eau, vue depuis l'amont



Figure 11 : Pile RG → élévation coté Dordogne/  
retenue du plan d'eau, vue depuis l'aval

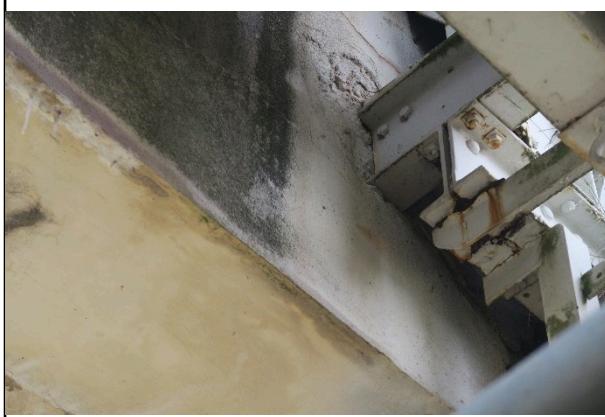


Figure 12 : scellement de la structure métallique  
dans le chevêtre/culée de la pile RG. Vue depuis  
l'amont, coté Dordogne



Figure 13 : scellement de la structure métallique  
dans le chevêtre/culée de la pile RG. Vue depuis  
l'aval, coté Dordogne

## Diagnostic

### Analyse du dossier de l'ouvrage

#### Période de réalisation :

Construction dans les années 1920 – maîtrise technique avérée de construction d'ouvrages en béton armé, même sans l'application systématique de normes, encore balbutiantes à l'époque :

- 1914 : béton armé (Le Corbusier)
- 1920 : poutres BA « minces » en arcs (Ateliers confection Esders – Paris)
- Etc.
- L'ouvrage a donc ≈ 100 ans
- Le REX que l'on possède sur ces ouvrages construits à ces périodes est que le béton est généralement de très bonne qualité (il est courant de rencontrer des résistances en compression de l'ordre de 50 Mpa)
- La RSI n'apparaît que plus tard, lorsque les moyens de bétonnage en grande quantités apparaissent

#### Règles pour éviter la formation de RSI dans le béton neuf :

Selon la publication [REF 16], pour déterminer le niveau de prévention nécessaire vis-à-vis de la RSI

pour un ouvrage neuf est un indicateur de ce qu'il ne faut pas faire si l'on cherche à éviter ce phénomène. Dans notre cas (ouvrage existant ancien, cela sert de guide pour vérifier si les situations à risque pouvant provoquer la RSI ont été rencontrées) :

- Catégorie ouvrage – 3 catégories représentatives du niveau de risque vis-à-vis de la RSI que l'on est prêt à accepter pour un ouvrage :
  - ⇒ **catégorie II** (Conséquences peu tolérables)
- Classe d'exposition vis-à-vis de la RSI : 3 classes complémentaires XH1, XH2 et XH3 tiennent compte du fait que l'eau ou une hygrométrie ambiante élevée sont des facteurs nécessaires au développement de la RSI. Ces classes viennent en complément des 18 classes d'exposition définies dans la norme NF EN 206/CN.
  - ⇒ **Classe XH2** (Alternance d'humidité et de séchage, humidité élevée)
- Niveaux de prévention – Il est fixé 4 niveaux de prévention désignés par les lettres As, Bs, Cs et Ds. La détermination du niveau de prévention se fait en fonction d'une part de la catégorie de l'ouvrage, et d'autre part de la classe d'exposition XH à laquelle est soumise la partie d'ouvrage considérée –

Catégorie d'ouvrage	Classe d'exposition de la partie d'ouvrage		
	XH1	XH2	XH3
I	As	As	As
II	As	<b>Bs</b>	Cs
III	As	Cs	Ds

Le niveau de prévention vis-à-vis de la RSI est **Bs**.

⇒ le risque de désordre est atteint si :

- La température maximale lors de la prise du béton doit rester inférieure à 75°C (la prise du béton est exothermique – dégage de la chaleur – surtout si le coulage est réalisé en grande quantités)
- Si la température ne peut pas rester inférieure à 75 °C, elle doit rester inférieure à 85°C et respecter 1 sur 6 conditions d'exécutions (détails : voir doc. [REF 16])

Ne connaissant ni les détails d'exécution (coulage en grandes quantités ? ni les caractéristiques des composants du béton (nature du ciment, des agrégats, etc.) il n'est pas possible d'établir une comparaison entre cet ouvrage d'antan et les prérequis modernes visant à éviter la RSI.

## Inspection Détaillée

### Inspection visuelle sur site

#### Constats généraux

#### Volumes/Équarrissage :

L'ouvrage est de dimensions très généreuses pour sa fonction de « Culée » d'un ouvrage métallique reprenant peu de charges (batardeaux principalement, CMU 12 t). Une modélisation moderne – respectueuse des principes constructifs de l'ouvrage « transbordeur » dans son ensemble – réduirait certainement les dimensions du chevêtre et des pied-droits. Cela indique – au premier abord – que les efforts encaissés par l'ouvrage ont largement assez de matière pour transiter aux appuis sans dépasser les contraintes admissibles du matériau béton armé (caractérisation en prestation externe, voir le § 3.2.3.1)

### **Déformations :**

L'ouvrage ne souffre d'aucune déformation en plan (torsion, gonflement, ...) ou de déformations d'aplomb (absence de dévers, dans les directions « Y » aval/amont et « X » berge/Dordogne<sup>4</sup>).

### **Parement :**

L'enduit de surface est plan et ne présente pas de gonflements. Il est très compact (raide, voir le § 3.2.2.1) et ne présente aucun décollement, du moins dans la superficie investiguée (pourtour de l'ensemble des parements jusqu'à 2 m de hauteur)

### **Partie sommitale :**

- La terrasse exposée aux aléas climatique est simplement revêtue d'un enduit béton nu. Elle comporte quelques fissures principalement causées par l'insertion d'éléments métalliques. Ces fissures n'intéressent que la couche superficielle (1 à 2 cm de profondeur maxi). Elles sont sans gravité pour la tenue mécanique.
- La corniche offrant une fonction décorative et de rejet d'eau pour les parements verticaux est en moins bon état général. On constate des fissures et des éclats de béton intéressant en profondeur l'élément corniche. C'est la partie d'ouvrage la plus dégradée de l'ouvrage pile RG.

### **Faciès d'altération principaux**

#### **Fissuration :**

La dégradation principale est constituée par un empilement de fissures sur toute la hauteur de l'ouvrage et l'ensemble des parements. Les fissures les plus basses sont les plus remplies de calcite. Ces fissures naissent (ouverture maximale) aux angles façade/pignon des pied-droits et à la jonction avec le placage en pierre de taille. Elles ont une direction proche de l'horizontale puis se propagent et divaguent vers le centre de l'ouvrage. Il y a quelques fissures verticales qui collectent préférentiellement l'eau de pluie et accumulent la calcite dans les fissures horizontales qu'elles traversent. Leur profondeur n'intéresse qu'une partie du parement : sur les fissures d'ouverture maximale (1,2 mm), la profondeur n'était que de 16 mm, alors que l'épaisseur du parement (enduit ≠ béton) est estimée à 5 cm d'après les 2 sondages S1 et S2 réalisés sur site.

Ces fissures ne sont pas liées à des mouvements structurels de l'ouvrage (flexion à mi-portée, cisaillement aux appuis ou tassements différentiels) :

- Absence d'implantation :
  - Au droit des angles pied-droit / chevêtre
  - Au milieu du chevêtre
  - Vers les appuis du chevêtre
- Orientation :
  - Non biaise (pas de fissure à 45°) aux angles pied-droit / chevêtre et vers les appuis du chevêtre (pas de cisaillement excessif)
  - Pas en « X » (pas de tassements différentiels)
  - Non verticale (pas de flexion excessive)

---

<sup>4</sup>Mesure au fil à plomb pour la verticalité



Figure 14 : pied-droit amont, façade F1 côté berge -> soulignement (par croquis) de la fissuration principale.

Les bords externes de l'ouverture centrale sont habillés avec un placage en pierre de taille, plus tendre que l'enduit béton qui est très raide.

L'origine de ces fissures semble plus provenir d'un phénomène mécanique que d'un phénomène de RGI. En effet, la grande raideur de l'enduit ainsi que sa forte cohésion avec le béton sous-jacent amènent à penser à des fissures type retrait/dilatation constraint, soit au jeune âge (défaut de cure juste après la réalisation) ou durant les 100 ans d'exposition aux aléas. L'action des extrema climatiques (différentiels de température  $\Delta\theta$ , gel/dégel) provoque à coup sûr des fissurations dans les enduits très riches en liants.

La Figure 15 ci-dessous pourrait (au conditionnel car cela peut être un autre facteur ou un ensemble d'autres facteurs) illustrer le processus mécanique de dilatation/retrait amenant à la création d'une fissure, ce processus perdurant au-delà de la création de la fissure en épaufrant les bords à 45°.

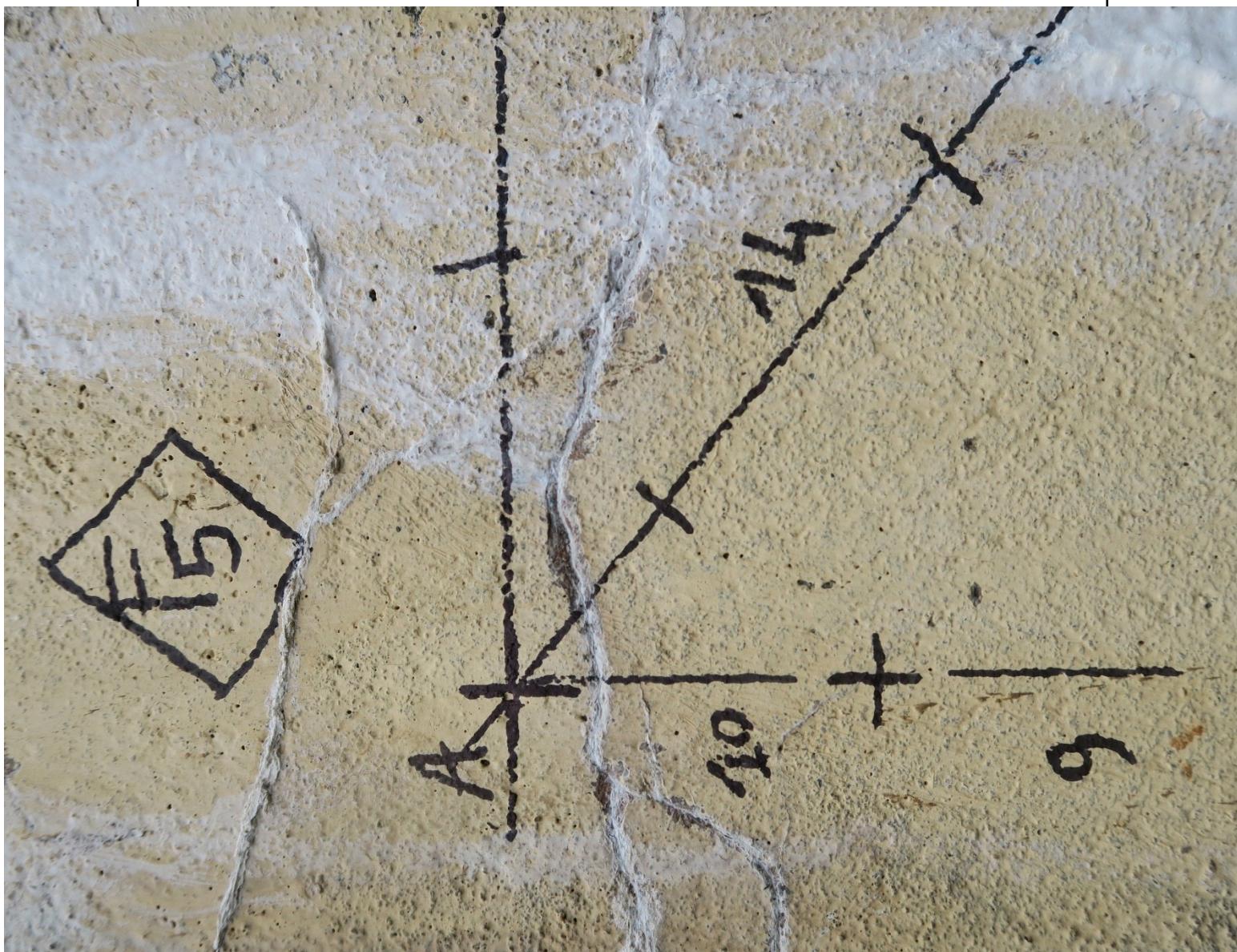


Figure 15 : focus sur une fissure aux bords chanfreinés (angle supérieur gauche du quadrillage réalisé pour mesurer l'indice de fissuration IF#2 sur le parement F5 côté berge du pied-droit aval)

*NB : ce constat préalable (fissuration par retrait gêné) sera amendé à la lecture des conclusions de la recherche en laboratoire prouvant ou non la présence d'un phénomène type RGI dans l'ouvrage.*

#### Faciès d'altération secondaires

Les défauts mineurs sont associés aux fissures : coulures de calcite, éclats de béton ou épaufrures, salissures de façade :

##### 1. Calcite :

résulte d'un phénomène de création par la migration d'eau entraînant la chaux libre du béton qui elle-même précipite à l'extérieur du parement. Elle s'accumule en partie basse (plus de calcite en bas qu'en haut de l'ouvrage) car l'eau qui a pénétré en partie haute de l'ouvrage et qui migre par

gravité vers le bas sans ressortir à l'extérieur peut dissoudre une plus grande quantité de chaux libre, celle-ci précipite donc en plus grande quantité en partie basse. Si la présence de calcite révèle la migration d'eau à l'intérieur de l'ouvrage et suppose une fissuration associée, elle n'augure en rien de la qualité intrinsèque de celui-ci, c'est un épiphénomène. La calcite peut simplement « stocker » de l'humidité à l'interface enduit/calcite.

**2. Éclats de béton :**

la corniche haute est fissurée. Ces fissures ont augmenté de volume, sans doute sous l'effet du gel. Cela a fini par créer des éclats, dont certains sont sévères. Ceux-ci sont localisés en face opposée au plan d'eau amont : faut-il en déduire que le gel y a été plus intense ? La réalisation a pu souffrir d'une baisse de qualité à cet endroit ou le plan d'eau jouer un rôle de volant thermique diminuant les contrastes de température par rapport aux parements situés du côté berge RG.

**3. Épaufrures :**

2 épaufrures sont présentes en sous-face du chevêtre, laissant apparaître 2 armatures de forte section.

**4. Salissures de façade :**

des coulures noires sont axées au droit des irrégularités de la corniche, évacuant les matériaux recueillis par la terrasse sommitale. Il y en plus du côté de la Dordogne.

La peinture des parements verticaux est en fin de vie, ne serait-ce que parce qu'elle est entaillée par les nombreuses fissures et recouverte partiellement soit par de la calcite, soit par des salissures.



Figure 16 : corniche côté berge/aval : éclats sévères de béton



Figure 17 : épafrure en sous-face du chevêtre, côté amont/berge



Figure 18 : pied-droit aval, angle coté berge : accumulation de calcite sur l'arête et de salissures sur le parement le plus en aval.



Figure 19 : pied-droit amont, angle coté berge : accumulation de calcite dans les fissures

## Auscultations

S'agissant de faciès d'altération intéressant le parement, il a été décidé de déterminer la profondeur de carbonatation de l'enduit et de caractériser l'importance de la fissuration.

## Martelage dynamique

Avant cela, toutes les surfaces accessibles de plain-pied (de  $\pm 0,0$  m / TN à  $\pm 2$  m<sup>h</sup>) ont été martelées pour détecter d'éventuelles zones décollées ou de compacité différente : le rebond est important et le son très clair partout. Encore une fois, cela indique un enduit de grande compacité et parfaitement liaisonné au béton sous-jacent, sans variation de qualité.

*NB : cette auscultation n'a pas suivi la méthode utilisant un scléromètre à rebond type marteau Schmidt ou un marteau d'impact dynamique à capteur de force. Cela aurait permis de déterminer l'indice  $I_{sm}$  et donc d'approcher la résistance en compression  $f_c$  du béton.*

## Carbonatation

2 tests de carbonatation du béton ont été effectués, suivant le protocole décrit dans la fiche IFFSTAR [REF 7] (phénolphtaléine).

*NB : La réalisation du trou au burin n'a pas été aisée car l'enduit de parement est très compact.*



Figure 20 : test de carbonatation S1 sur la façade F1 :  
**5mm** max de carbonatation

Figure 21 : test de carbonatation S2 sur la façade F5 :  
**10mm** max de carbonatation

Les profondeurs de carbonatation obtenues sont très faibles pour cet ouvrage de 100 ans : 5mm et 10mm respectivement pour S1 et S2 (sur la face f1 et f5 respectivement, voir le croquis Figure 7 pour le repérage des faces).

## Fissuration

2 mesures de la fissuration ont été effectuées en appliquant la méthode développée par le LCPC (IFFSTAR, voir [REF 5]). La mesure de l'ouverture des fissures le long d'intervalles tracés sur des axes en croix puis différentes sommes et moyennes amènent à déterminer la valeur d'un indice de fissuration IF.



Figure 22 : IF#2 sur pied-droit aval

Figure 23 : IF#1 sur pied-droit amont

Les valeurs d'IF permettent de catégoriser la fissuration, de négligeable à considérable (6 catégories<sup>6</sup>) et de décider ainsi de la gravité et de l'urgence des réfections à effectuer.

Cette méthode statistique n'a de valeur que si elle est appliquée de plusieurs fois et à intervalles réguliers pour estimer la cinétique d'altération. Ici, comme il n'y a que 2 mesures d'IF, les valeurs obtenues seront à prendre avec un recul inversement proportionnel à la quantité d'échantillonnage.

Voir les détails des relevés et valeurs d'IF au § 5.1, p.23

### **Recherche RGI (prestation externe)**

La preuve de l'existence d'alcali-réaction ou réaction sulfatique interne ne peut être apportée que par une analyse en laboratoire sur échantillons prélevés par carottage. Outre la recherche pure de présence d'éléments concourant à l'expansion de la matrice cimentaire, il s'agit de déterminer la nature des composants du béton comme de sa capacité de résistance à la compression et de porosité.

En possession des conclusions de laboratoire statuant sur la suspicion de présence de RGI, il sera alors possible de quantifier l'importance du phénomène et de son impact sur la stabilité à court et à moyen terme sur celui-ci.

### **Carottages**

**Il y a 2 types d'échantillons :**

1. Les carottes destinées à la recherche de RGI → carottes  $\phi 100 \times \ell 500$  mm (profondeur importante permettant de s'approcher du cœur de l'ouvrage)
2. Les carottes destinées à caractériser le béton → carottes  $\phi 100 \times \ell 200$  mm (élançement = 2)

**Le nombre de carottes est déterminé comme suit :**

- Détection de RGI : 5 échantillons
  - 2 échantillons pour analyses en laboratoire
  - 3 échantillons pour l'essai d'expansion résiduelle
- Détermination des caractéristiques mécaniques du béton : 3 échantillons
  - 2 échantillons pour test de compression ( $f_c$ )
  - 1 échantillon pour détermination porosité
- Quantité totale : 8 échantillons x 3 localisations = 24 carottes
  - $5 \times 3 = 15$  carottes  $\phi 100 \times \ell 500$  mm
  - $3 \times 3 = 9$  carottes  $\phi 100 \times \ell 200$  mm

**La réalisation des carottages doit suivre ces principes :**

- Détection des armatures (pachomètre, ferroscan, géoradar, ...) pour éviter de carotter au droit des barres d'armature
- Marquage des carottages sur la paroi et photographie des marquages
- Confinement des carottages contre les attaques de l'air ambiant et de l'humidité, immédiatement après carottage, par enrubannage dans du cellophane et enfermement dans des sacs plastiques étanches, carotte par carotte.
- Identification reprenant la localisation et l'ordre. Comme il y 8 carottages par face, cela donne pour la paroi F1 et la localisation C1 : C1F1.01, C1F1.02, C1F1.03, ...

- Rebouchage soigné au mortier à retrait compensé et lissage à l'arase du nu existant

### **Analyses en laboratoire**

**Pour chacun des 3 lots d'échantillons, il s'agira d'effectuer :**

- Analyse minéralogique complète (voir fiche A1-2 / IFFSTAR)
- Analyse pétrographique (voir fiche A1-2 / IFFSTAR)
- Détection des gels d'alcali-réaction (voir fiche A1-4 / IFFSTAR – RAG) et d'ettringite (RSI)
- Mesure de la classe de résistance à la compression
- Mesure de la porosité

### **Synthèse du diagnostic**

#### **Fissuration**

Nous évoquons ci-dessous la fissuration du parement, origine du CEB ayant abouti à cette expertise.

#### **Causes :**

Elles peuvent être diverses, citons les principales causes possibles :

- Retrait au jeune âge (dessication du béton)
- Retrait géné (dilatation/retrait) d'origine thermique ( $\Delta \theta$ )
- ... éventuellement
- RAG ou RSI

#### **Conséquences :**

Ce sont des conséquences sans gravité pour le maintien en conditions opérationnelles de l'ouvrage. Le réseau de fissures collecte les eaux météoriques qui en migrant à l'intérieur dissolvent la chaux libre contenue dans le béton ou le corps d'enduit puis en s'évaporant à l'extérieur la font précipiter sous forme de calcite.

### **Suspicion de Réaction de Gonflement Interne : principes**

#### **Principes :**

La RGI prend 2 formes différentes : RSI ou RAG (Réaction Sulfatique Interne ou Réaction Alcali-Granulat, respectivement). La distinction est visuelle en première approche (faciès d'altération différents) mais nécessite une analyse en laboratoire sur éprouvettes collectées sur site pour établir la présence et la distinction entre ces 2 phénomènes de gonflement du béton.

#### **Manifestations :**

Sans rentrer dans le détail de ces 2 types de réaction, le gonflement interne peut provoquer des sinistres importants à un ouvrage, lorsqu'il est qualifié de sévère : déstructuration interne, perte d'adhérence béton-armatures, perte de portance ...

- Pour la RSI (expansion gel d'ettringite), la réaction est augmentée en présence d'humidité.
- Pour la RAG (alcali réaction), c'est la nature chimique entre la pâte cimentaire et les granulats qui provoque un gonflement.

#### **Détection :**

Seule l'approche pétrographique et microstructurale<sup>5</sup> peut déterminer avec certitude la présence de gels d'alcali-réaction (RAG) ou d'ettringite (RSI) ainsi que l'évolutivité du phénomène qui peut être

---

<sup>5</sup>Examens morphologique 2D/3D au Microscope Électronique à Balayage + Fluorescence, ou méthode LCPC 36

schématisée selon une courbe de Gauss (temps en abscisse et intensité en ordonnée), l'inspection visuelle des faciès d'altération (rag : pustules et taches sur le parement, RSI : fissures maillées) n'est pas sûre.

#### Traitements :

Aucun ! s'agissant d'une réaction interne, il est impossible d'y remédier. Seules des mesures de diminution du phénomène existent :

- Protection contre les venues d'eau : étanchéité terrasse supérieure, ravalement de façade avec un produit consolidant type Mineralchoc/Technique béton.
- Sciage de libération des contraintes
- Suivi dimensionnel périodique pour décision de maintien ou de remplacement de l'ouvrage

#### Etat général ouvrage

L'état général de l'ouvrage est jugé **bon** malgré d'inévitables dégradations liées à son grand âge :

##### • Parement :

- Hormis la fissuration modérée, d'origine probablement liée à du retrait gêné (**Fissuration selon IF** : valeurs médianes (modérée à forte, sur une échelle de 6 valeurs<sup>6</sup>))
- Absence de fissures liées à des dépassements de contraintes (pas de fissures de flexion, cisaillement ou tassements différentiels)
- Absence de déformations en plan ou de décollements
- **Protection contre les venues d'eau** : à réaliser (enduit imperméable et perspirant, type traitement de consolidation/reminéralisation)

##### • Terrasse :

- **Fissures terrasse** : à traiter
- **Corniche** : à reprendre (fissuration importante + éclats)
- **Protection contre les venues d'eau** : à réaliser (étanchéité circulable, la terrasse constituant le palier supérieur de l'escalier menant à la passerelle régnant en partie supérieure du pont transbordeur)

##### • Escalier d'accès : bon état

#### Pronostic

En fonction des observations effectuées précédemment, le pronostic suivant est établi, à court/moyen/long terme.

#### Cinétique dégradations

Pour un ouvrage de 100 d'âge, la quantité des dégradations est faible. En conséquence, nous estimons que la cinétique des dégradations est faible, que cela soit à court, moyen ou long terme.

#### Avis gravité/urgence

##### Gravité faible :

Les dégradations constatées n'affectent que le parement, en superficie. L'ouvrage étant surdimensionné en termes de volumes de béton, ces dégradations ne menacent pas l'intégrité structurale de celui-ci ni ses fonctions d'appui du pont transbordeur.

---

<sup>6</sup>Fissuration négligeable, faible, modérée, forte, très forte, considérable

## **Urgence de réfections :**

Devant la faible gravité des dégradations, nous serions amenés à conseiller de n'intervenir qu'à moyen ou long terme. Nous proposons au contraire d'effectuer des réfections de faible ampleur, mais à court terme, dans l'esprit de la maintenance préventive, voir le §4.2.

## **Préconisations**

### **Complément d'analyse (suspicion RGI)**

Carottages + analyses labo, à réaliser par une entité spécialisée (Lerm, Cerib, etc.).

Repérés sur site par marquage à la peinture fluo sur 3 faces/parement distincts.



Figure 24 : localisation des carottages C1 (pied-droit amont, face F1 coté berge) → 8 carottes à réaliser



Figure 25 : localisation des carottages C2 (pied-droit amont, face F2 coté amont) → 8 carottes à réaliser



Figure 26 : localisation des carottages C3 (pied-droit aval, face F1 coté berge) → 8 carottes à réaliser

## **Travaux de réfection à courte échéance**

### **Réfection éclats béton**

- Corniche supérieure : réfection des éclats et fissures (avant l'étanchéité qui la recouvrira)
- Épaufrures en sous-face du chevêtre : traitement

### **Étanchéité terrasse de la Pile RG**

- Étanchéité en partie courante et retombées :

- ▶ Étanchéité circulable car cette terrasse constitue une partie de l'accès à la passerelle régnant au-dessus du pont transbordeur
- ▶ Étanchéité sur les retombées latérales (face verticale de la corniche) pour assurer la fonction de rejingot
- Difficultés : nombreux ouvrages (pieds potelets GC, candélabre, pied grue potence et en partie courante de la plateforme

### **Parements**

Ravalement de façade :

- Échafaudage
- Protection des équipements EDF fixés en paroi
- Nettoyage des coulures de calcite
- Application d'un produit de consolidation/reminéralisation (type Mineralchoc/Technique béton)
- Application éventuelle d'une peinture de façade reprenant les tons (beige/jaune/ocre clair) d'origine.

## **Annexes**

**Indice de fissuration : photos & feuilles de relevé sur site**



Figure 27 : photo IF#1 sur la face F1 (pied-droit amont, face côté berge)

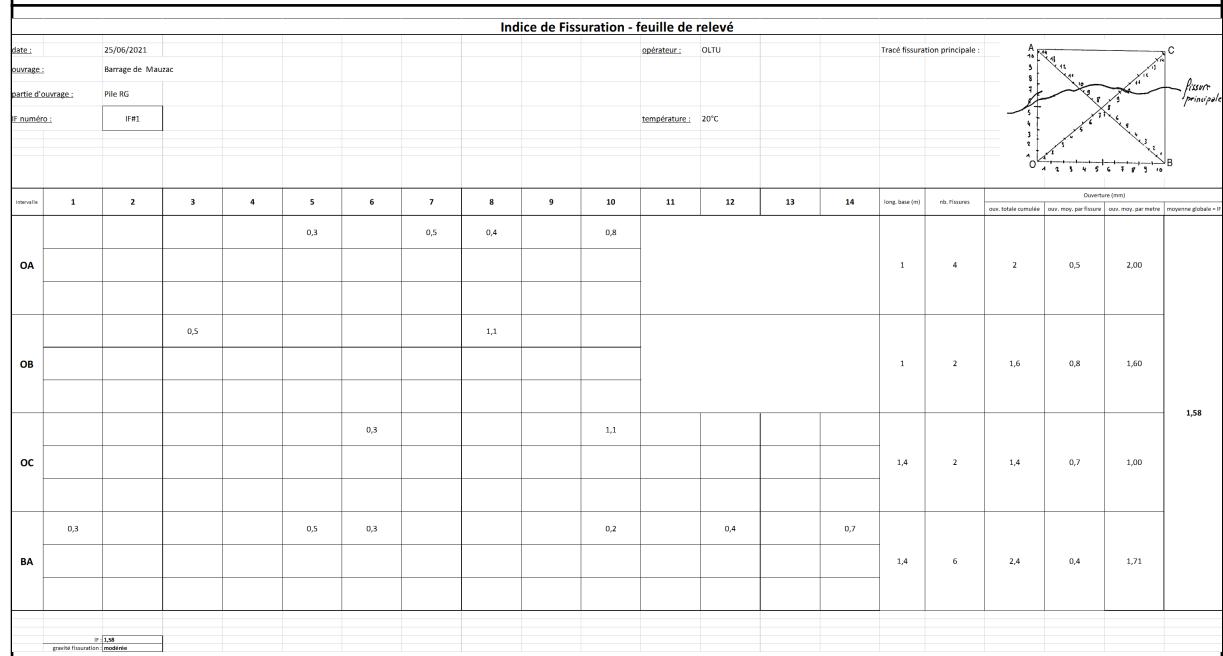


Figure 28 : Indice de fissuration IF#1 sur la face F1 : valeur  $I_f = 1,58 \rightarrow$  fissuration modérée

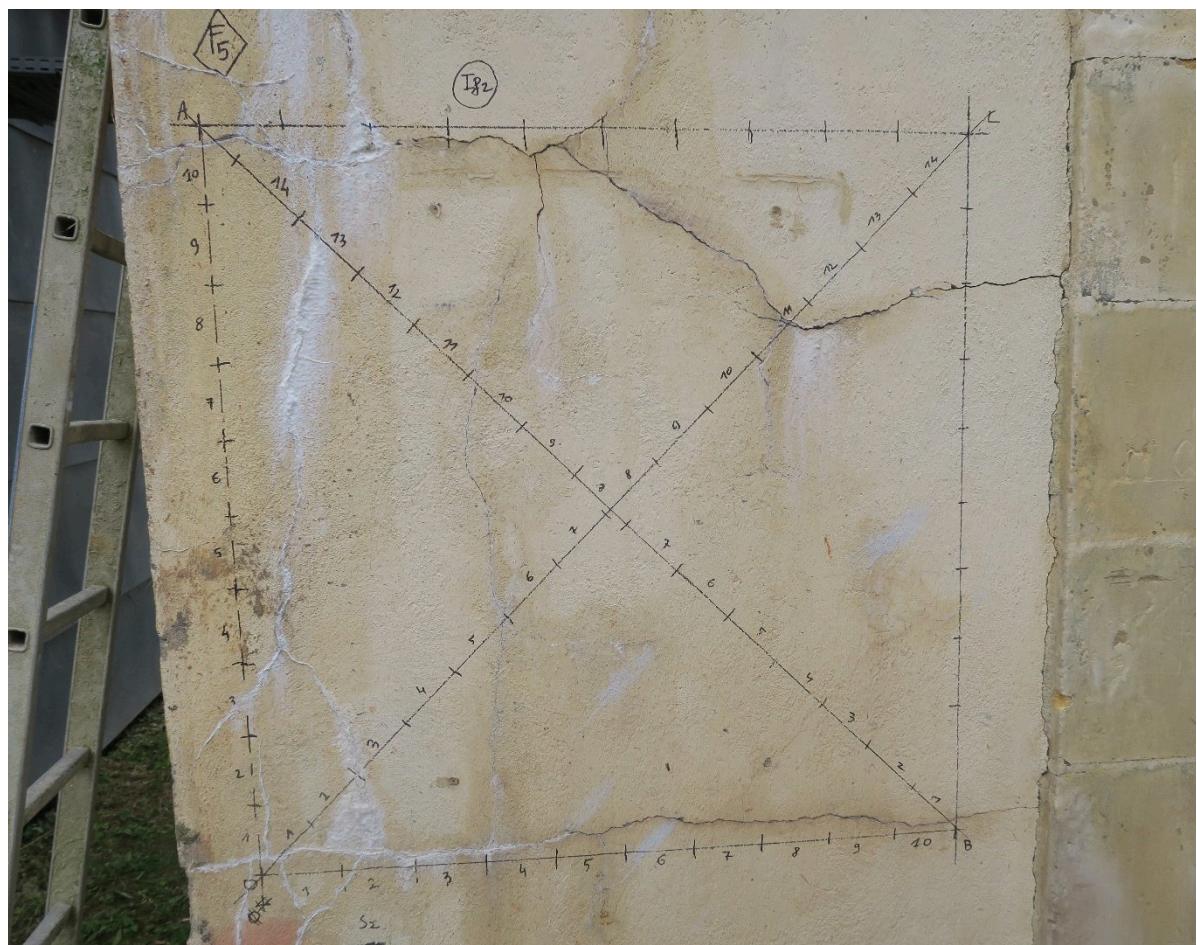


Figure 29 : photo IF#2 sur la face F5 (pied-droit aval, face côté berge)

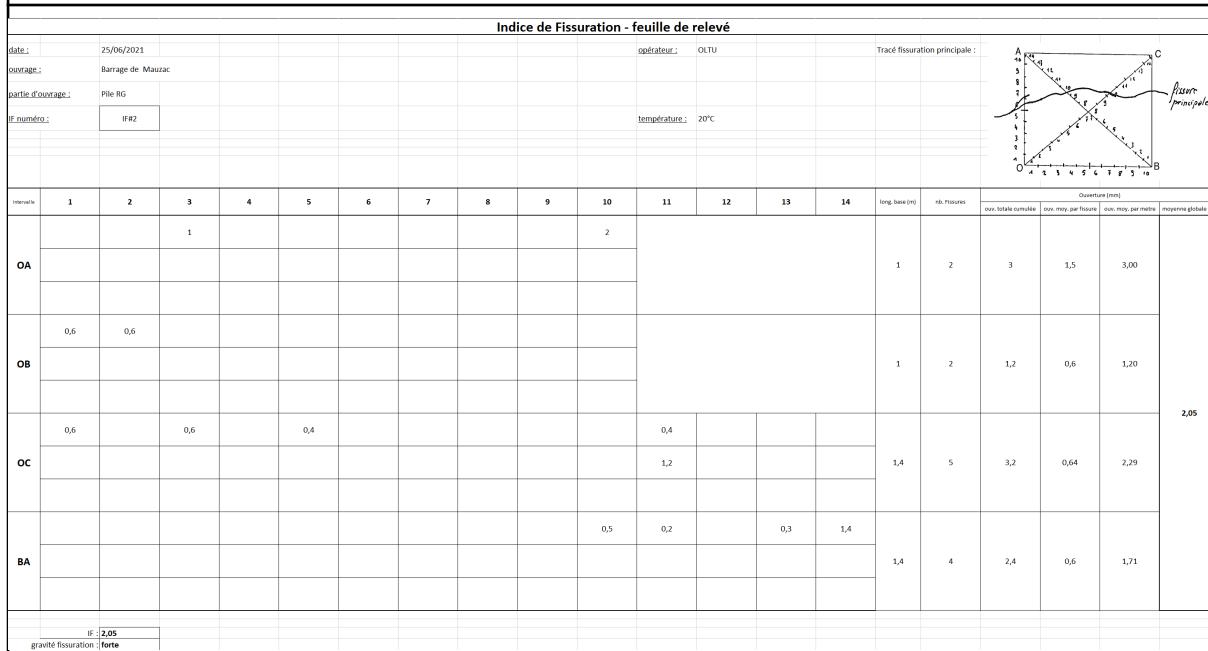
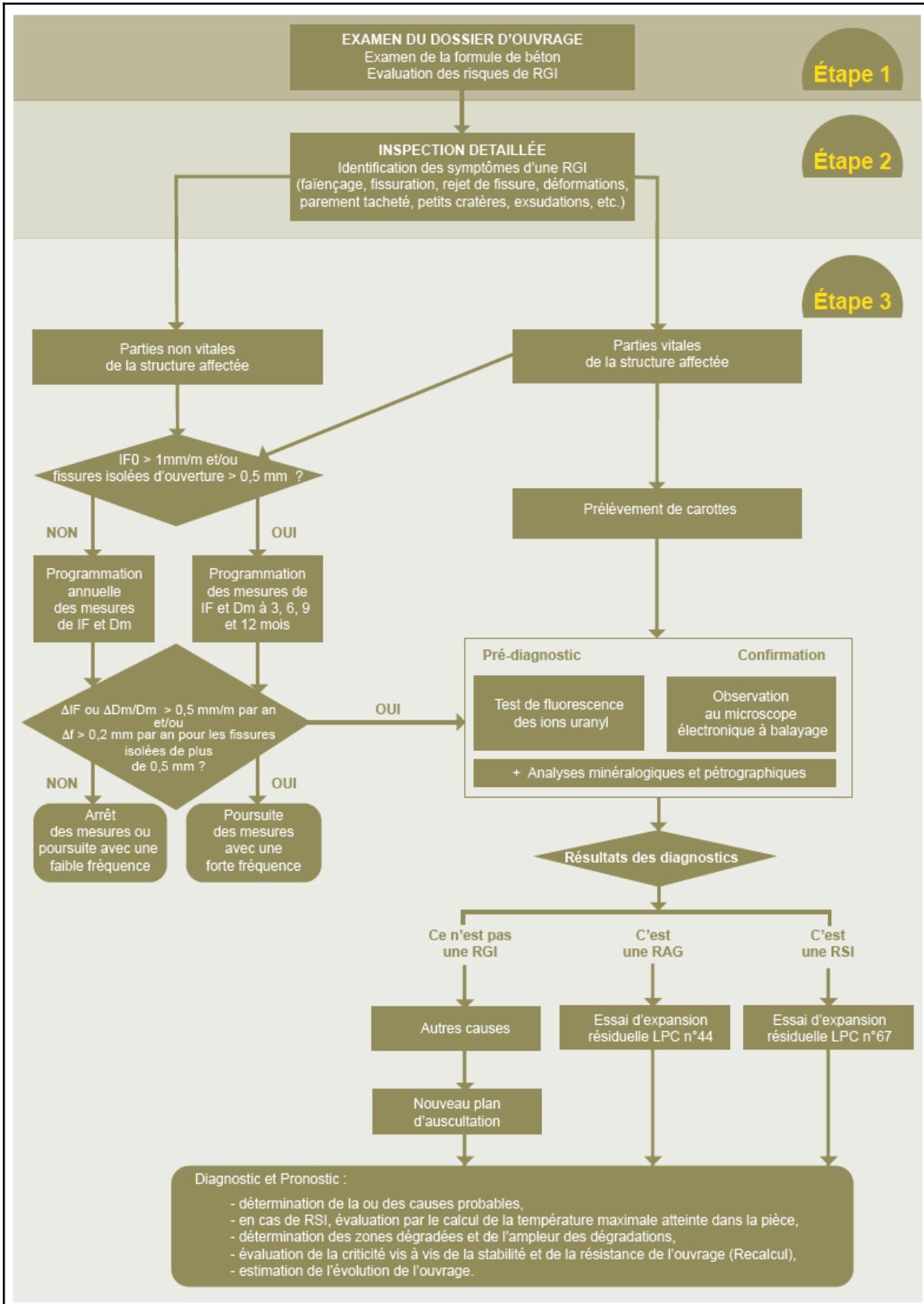


Figure 30 : Indice de fissuration IF#2 sur la face F5 : valeur  $I_f = 2,05 \rightarrow$  fissuration forte

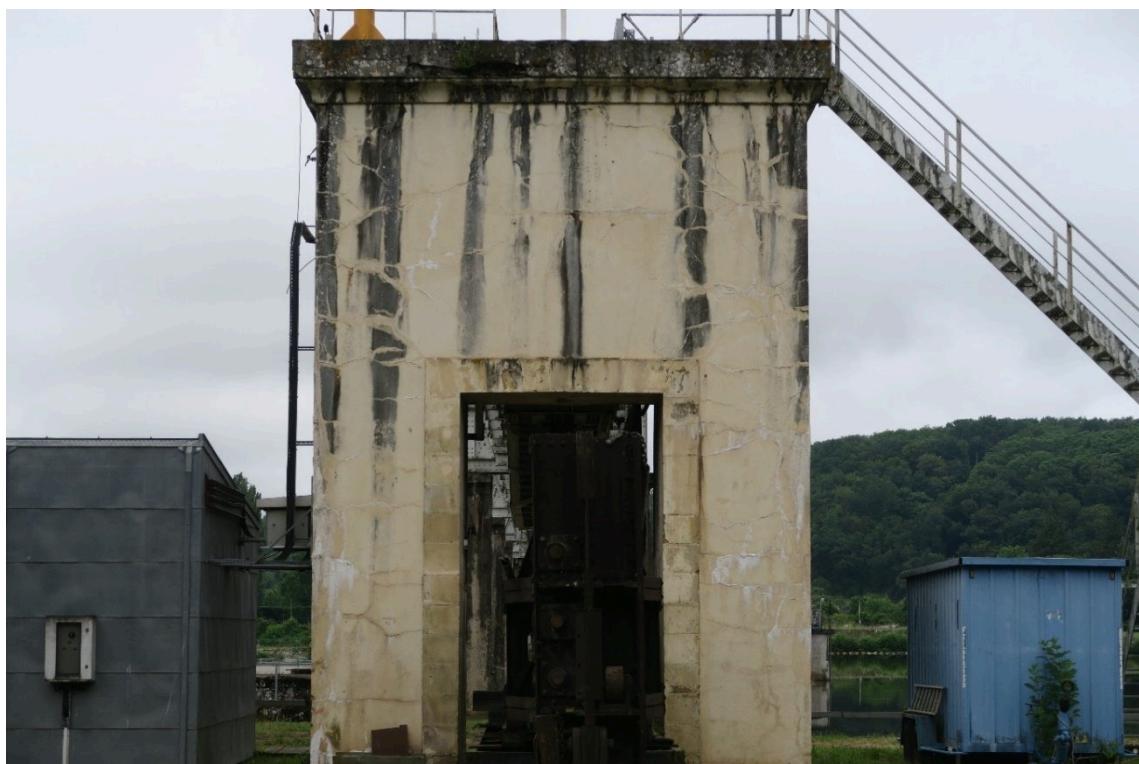
## Logigramme de détection de RGI (fiche D1-3)



## Dossier photo



: Perspective depuis la berge RG



: élévation côté berge RG



: perspective aval depuis le côté donnant sur la Dordogne

