



**MINISTÈRE  
DE LA CULTURE**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

**Olivier SALMON**

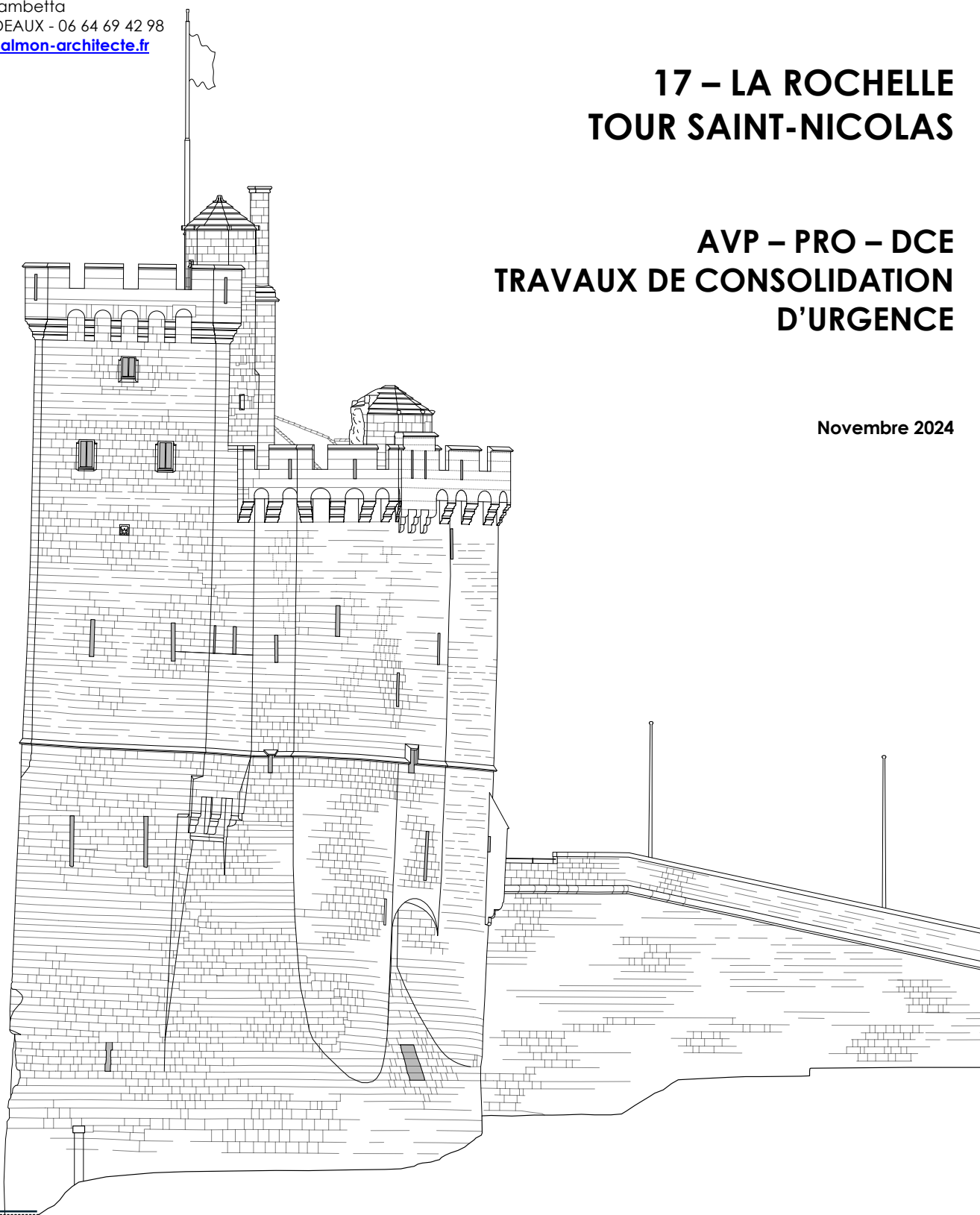
Architecte en chef  
des Monuments historiques  
22 place Gambetta  
33000 BORDEAUX - 06 64 69 42 98  
[o.salmon@salmon-architecte.fr](mailto:o.salmon@salmon-architecte.fr)

**CENTRE DES MONUMENTS NATIONAUX**  
**Hôtel de Sully**  
**62 rue Saint-Antoine**  
**75000 PARIS**

## **17 – LA ROCHELLE TOUR SAINT-NICOLAS**

### **AVP – PRO – DCE TRAVAUX DE CONSOLIDATION D'URGENCE**

**Novembre 2024**



## NOTE GÉNÉRALE

Bâtie au cours du troisième tiers du XIV<sup>e</sup> siècle, la Tour St-Nicolas a montré en cours de construction un basculement suffisamment important pour que l'on reprenne ses fondations et que l'on corrige la verticalité de l'ouvrage. Durant des siècles, des fissures se sont ouvertes et aggravées avec le temps, justifiant des inquiétudes, des études et des travaux de consolidation.

L'évolution de certains désordres a conduit le Centre des Monuments Nationaux à mettre sous surveillance la tour dès 2019. Cette instrumentation fait appel à plusieurs techniques combinées et permet à la fois de surveiller les fissures existantes mais aussi plus globalement les mouvements de la tour dans son ensemble : dévers, glissements... En partie basse, la tour a fait l'objet d'un freinage et d'un étalement pour sécuriser le monument en attente de travaux. Les données recueillies, qui sont de l'ordre du millimètre ou du dixième de millimètre, sont donc recensées et intégrées aux études en cours qui visent à définir la meilleure solution technique en termes de reprise en sous-œuvre et de restauration de la tour. Depuis 2019, architectes, ingénieurs structures et géotechniciens travaillent pour le compte du Centre des Monuments Nationaux à identifier le plus précisément possible les phénomènes dynamiques qui affectent le sous-sol et les superstructures de la tour. Une opération de sondages dans les sols et les maçonneries de la tour a eu lieu au premier semestre 2024.

Aujourd'hui, l'analyse fine de ces données met en évidence l'évolution des mouvements de l'ensemble selon un schéma légèrement différent de celui identifié jusqu'alors. Ces observations nouvelles nous permettent d'affiner notre compréhension du monument, mais il est été jugé nécessaire d'adapter l'instrumentation à ces nouvelles observations, et de faire preuve de la plus grande prudence tant que l'explication de ces données n'est pas encore clairement identifiée.

Aussi, en réaction immédiate à ces nouveaux éléments, l'instrumentation de la tour a été complétée durant l'été 2024, notamment côté Sud-Est :

- L'installation d'un nouveau tachéomètre au Sud-Est de la tour (côté Gabut)
- L'installation de prismes sur les façades Sud et Est de la tour
- L'installation de prismes sur la rampe et sur le quai
- L'installation de prismes complémentaires sur la façade Nord de la tour, en lien avec le tachéomètre déjà existant
- l'installation de 3 inclinomètres sur barre d'un mètre en façade
- L'installation de 4 extensomètres à corde vibrante sur les tirants de la salle basse
- L'installation de 9 extensomètres sur les fissures les plus importantes pour obtenir des mesures plus précises
- L'installation de 2 télémètres dans la salle du premier étage pour identifier la vitesse d'écartement de la voûte

Parallèlement, un nouveau nuage de points a été réalisé afin de le comparer avec celui réalisé en 2021.

La tour a été fermée au public en juillet 2024. L'état de conservation de l'ouvrage ne permet pas de la rouvrir pour le moment.

\* \*  
\*

La présente opération fait donc suite aux constats de l'été 2024 et à la nouvelle instrumentation. La mise de l'interprétation des mouvements de la tour conduit le maître d'ouvrage à envisager des compléments de renforcements provisoires, de l'ordre de ce qui a déjà été réalisé en 2019.

La consultation des entreprises est prévue pour la fin de l'année 2024. La mise en œuvre des travaux est prévue pour le premier semestre 2025.

## I - FICHE DE RENSEIGNEMENTS GENERAUX

### I – EDIFICE

DEPARTEMENT	: CHARENTE-MARITIME
COMMUNE	: LA ROCHELLE
EDIFICE	: TOUR SAINT-NICOLAS
EPOQUES PRINCIPALES	: XIV <sup>e</sup>
PROTECTION	: Classé MH en totalité le 17 février 1879
PROPRIETE	: État
DESTINATION ACTUELLE	: Visites
OPERATION	: Travaux de confortements d'urgence

### II – MAITRISE D'OUVRAGE

Centre des Monuments Nationaux  
Hôtel de Sully  
62 rue Saint-Antoine  
75004 PARIS

### III – MAITRISE D'ŒUVRE

Architecte :	Olivier SALMON ACMH 22 place Gambetta 33000 BORDEAUX
Ingénieur structures :	ÉQUILIBRE STRUCTURES 10 rue Saint-Nicolas 75012 PARIS
Ingénieur géotechnicien :	AEGIS-GROUPE 39 avenue Teiras 06300 NICE

### IV – FINANCEMENT DE L'OPERATION

E.P de référence	: Diagnostic Philippe Villeneuve ACMH 2016 – 2021 APS – Olivier SALMON ACMH - 2023
Nombre de tranches	: 1 tranche

### V – REALISATION DES TRAVAUX

Période prévisible d'exécution	: 1 <sup>er</sup> semestre 20205
Durée prévisible des travaux	: 10 mois dont 2 mois de préparation
Découpage en un lot unique	: Échafaudages – maçonnerie Charpente métallique – Travaux spéciaux

## OBSERVATIONS ET INTERPRÉTATIONS – MARS-JUILLET 2024

### Les alertes du 4 juillet 2024 :

Le 4 juillet 2024, le capteur FS04 a déclenché l'alerte sonore entraînant l'évacuation de la tour.

La collecte des données qui s'en est suivie a identifié que le déclenchement de l'alerte correspondait au dépassement d'un seuil d'alerte, artificiellement prédéfini. Cette alerte ne s'est pas révélée plus significative que les précédentes. Le seuil d'alerte a ainsi été relevé afin d'éviter les déclenchements intempestifs.

A noter que, contrairement à ce qui avait été avancé, cette fissure instrumentée n'est pas dans la baie du R+1, mais dans l'escalier en direction du RDC situé à l'aplomb de cette baie, dans l'épaisseur du mur. Il n'y a donc pas lieu de sécuriser outre mesure cette alcove à destination des agents de la tour.

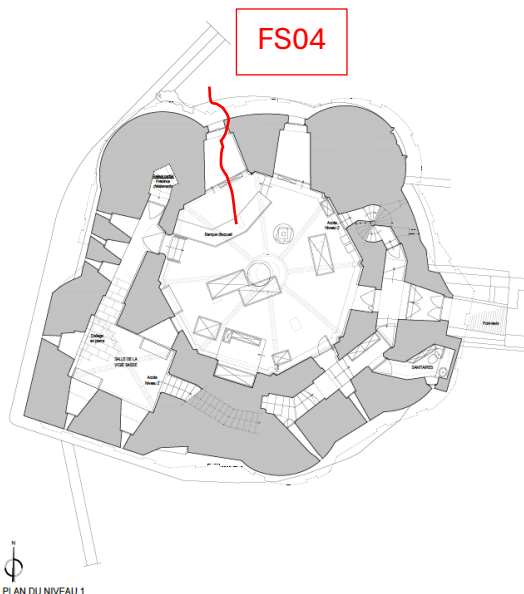
Mais l'analyse approfondie des données en collaboration avec les sociétés chargées de l'instrumentation Pro-Tech Foudre et Sites, notamment celles fournies par le tachéomètre, a permis de déceler une autre évolution qui nous invite à porter un regard nouveau sur les phénomènes de déformation de la tour : jusqu'alors, on constatait un double phénomène sur la tour :

- Un basculement vers le Nord-Est,
- Une translation de l'ordre de quelques millimètres par an, qui survenait annuellement au premier trimestre, suivi d'un palier et d'une remise en place partielle à partir du mois de juillet.

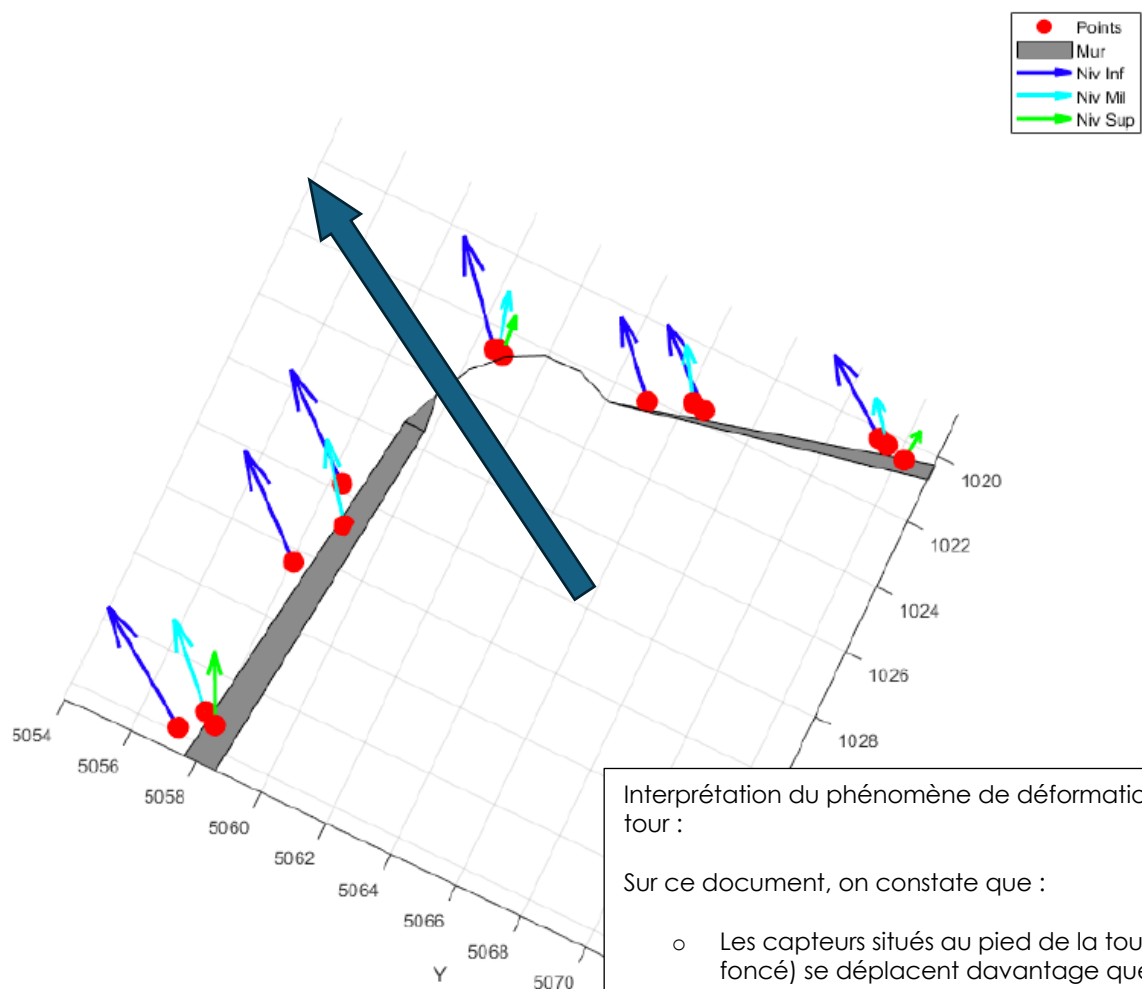
À compter de mars 2024, ce phénomène a évolué, avec notamment :

- Un phénomène de translation de l'ordre de 15 à 20 mm en peu de temps
- Le palier de stabilisation semble se deviner aujourd'hui, mais sans certitude (à confirmer dans quelques semaines)
- Une déformation dans le plan vertical de la tour : les parties hautes de la tour ne se déforment pas comme les parties basses.

En complément, l'analyse des jauges manuelles confirme l'accélération d'un désordre qui touche essentiellement les fissures instrumentées qui entourent l'éperon Sud-Ouest : de nombreuses fissures accusent une ouverture de plus de 2 mm, et certaines dépassent les 3 mm d'ouverture en un an. L'essentiel de ces fissures actives sont localisées vers le pied de la tour.







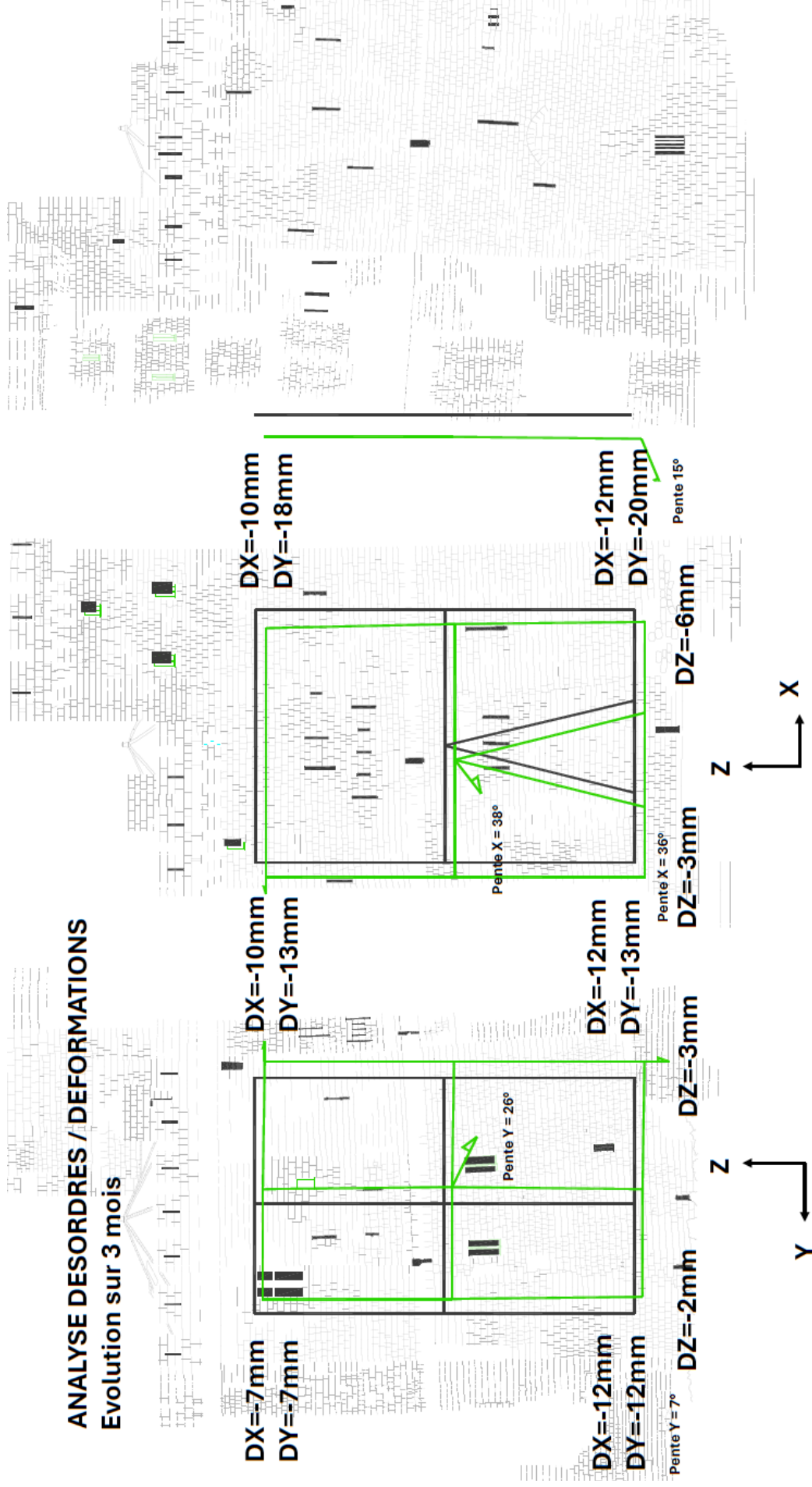
Interprétation du phénomène de déformation de la tour :

Sur ce document, on constate que :

- Les capteurs situés au pied de la tour (en bleu foncé) se déplacent davantage que ceux situés en haut (vert), ce qui témoigne d'un glissement du pied de la tour vers le Nord-Ouest
- La direction des déplacements n'est pas la même en bas et en haut de la tour, ce qui témoigne d'un phénomène de torsion de l'ensemble

## ANALYSE DESORDRES / DEFORMATIONS

Evolution sur 3 mois



REPRÉSENTATION SCHEMATIQUE DES  
DÉPLACEMENTS MIS EN ÉVIDENCE PAR LE  
TACHEOMÈTRE



Fig 2 Plan niveau boutique



Synthèse des évolutions  
Jauges manuelles

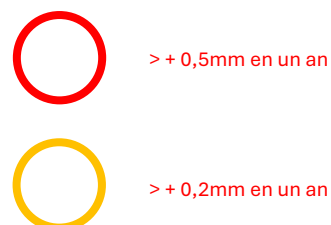


Fig 3. Plan niveau salle haute



Façade NORD

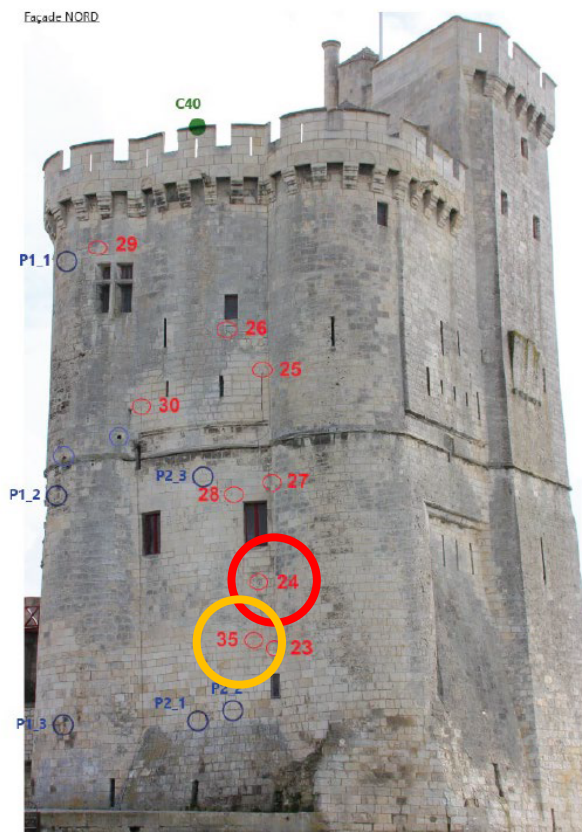


Fig 4. Façade Nord

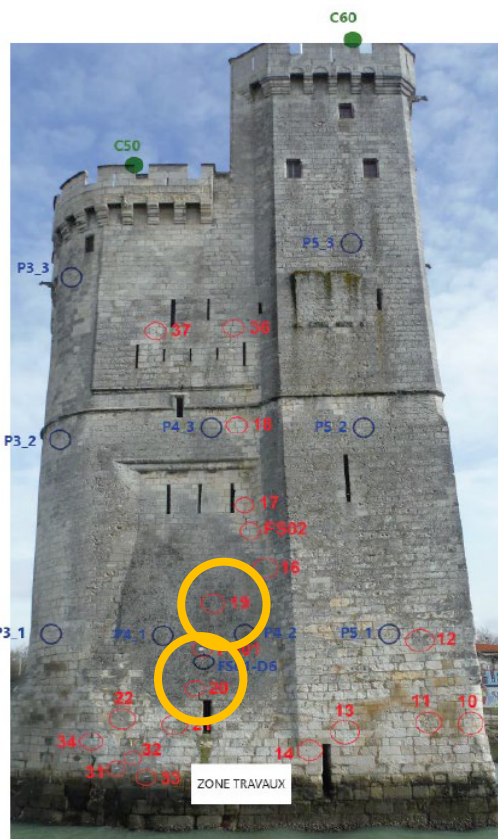


Fig 5. Façade Ouest

### Synthèse des évolutions Jauges manuelles



> + 0,5mm en un an



> + 0,2mm en un an

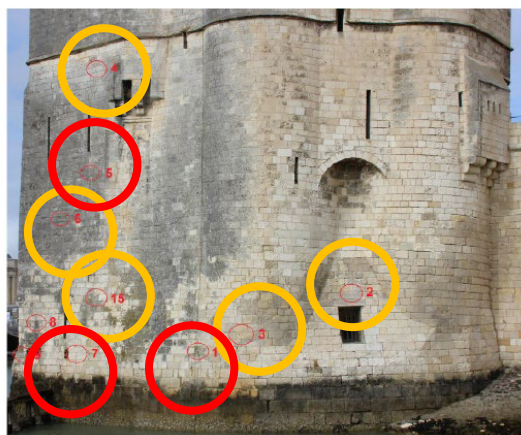


Fig 6. Façade Sud

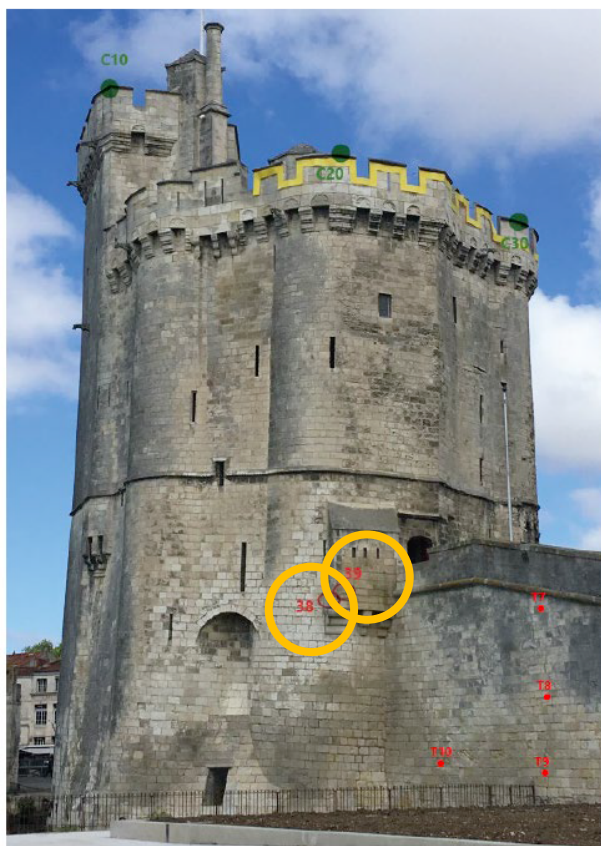


Fig 7. Façade Sud-est



### La mise à jour des observations :

A l'issue de ces premières observations, une campagne d'urgence de repérage des fissures s'est déroulée le mercredi 10 juillet 2024 afin d'apporter une nouvelle lecture des fissures déjà identifiées. Les observations croisées avec les dernières données ont permis d'affiner la lecture des déformations de la tour et de son fractionnement en intégrant :

- Le sens des ouvertures de fissures
- L'influence des tirants XIX°
- Les désordres annexes non identifiés jusque là (hors périmètre de la tour)

Les observations sont les suivantes :

- Les tirants XIX° assurent la cohésion d'une partie de la tour seulement. Ces parties sont moins dégradées que les autres. Les parties non ancrées au massif principal de la tour tendent à s'en détacher : éperon, tourelle Nord-Ouest, latrines...
- Le caractère monolithique de la tour est remis en question : on peut identifier différents volumes qui évoluent indépendamment :
  - La masse principale de la tour poursuit son enfoncement et dévers vers le Nord-Est
  - L'éperon tend à chasser par le pied en direction de la passe (Sud-Ouest-
  - La tourelle Nord-Ouest se détache du noyau central

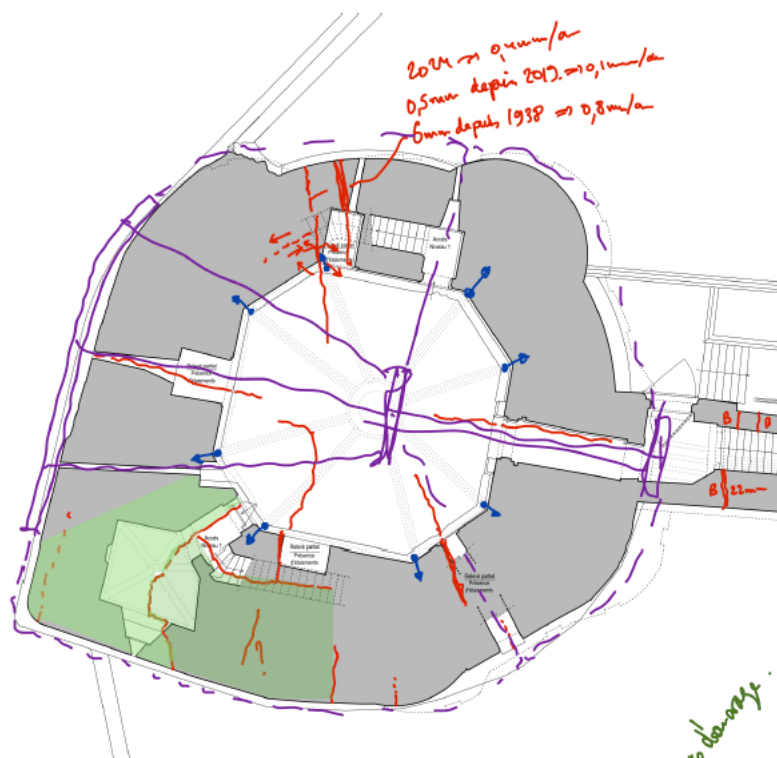
Par ailleurs, les investigations ont été poussées aux abords de la tour, et notamment sur le quai de l'Armide situé au pied de la tour : un ensemble de fissures parallèles (Nord-Sud) a été identifié entre la pointe du quai et le point de fragilité de la rampe. Ces fissures sont concentrées sur la moitié Ouest du quai, et semblent s'interrompre à l'axe du quai situé au Sud de la tour.

- Cette déformation du quai semble correspondre au glissement vers le Nord-Ouest de la tour
- Le cumul des largeurs de fissures dans le quai est assez proche de la translation de la tour constatée par le tachéomètre (de 15 à 20 mm)
- Le quai ayant été refait vers 2020, ces fissures nous donnent une indication de la vitesse des mouvements de terrain.
- Soit la tour emporte le quai, soit c'est l'ensemble du sol qui emporte la tour et le quai
- L'extrémité du quai et la tour forment un étranglement Ouest qui semble se détacher du reste des quais à l'Est, plus massifs





SYNTHÈSE DES PHÉNOMÈNES OBSERVÉS  
REMETTANT EN CAUSE LE CARACTÈRE  
MONOLITHIQUE DE LA TOUR



REZ-DE-CHAUSSÉE



1<sup>ER</sup> ÉTAGE



2<sup>ND</sup> ÉTAGE

## INSTRUMENTATION COMPLÉMENTAIRE DE LA TOUR – JUILLET 2024

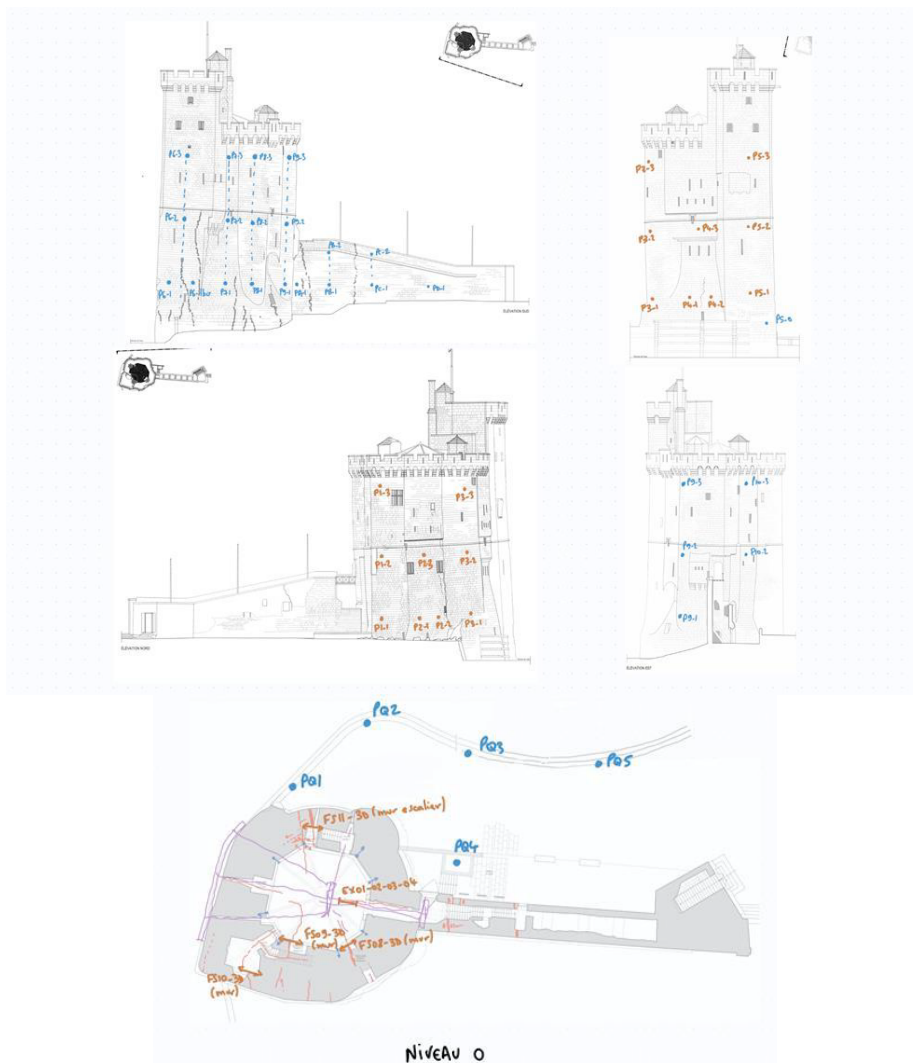
### Instrumentation de la tour dans son caractère monolithique :

Jusqu'à aujourd'hui, les données relevées et l'observation de l'évolution des fissures permettaient d'envisager la tour comme un tout monolithique, soumis à des mouvements (basculement, affaissement) qui l'affectaient de manière quasiment homogène. Le suivi par tachéométrie installé en 2019 allait dans ce sens en étant focalisé sur les élévations Ouest et Nord de la tour.

Aujourd'hui, l'analyse fine des données permet d'aller plus loin que cette première lecture en identifiant plusieurs éléments issus de la fracturation de la tour. C'est la raison pour laquelle la surveillance des élévations opposées à celles déjà suivies par le premier tachéomètre a été mise en œuvre en juillet 2024. Cette double instrumentation permet d'identifier à quel point la moitié Nord-Ouest de la tour évolue indépendamment de la moitié Sud-Est, selon deux masses dissociées par les fissures existantes.

Cette instrumentation consiste en :

- L'installation d'un nouveau tachéomètre au Sud-Est de la tour (côté Gabut)
- L'installation de prismes sur les façades Sud et Est de la tour
- L'installation de prismes sur la rampe et sur le quai
- L'installation de prismes complémentaires sur la façade Nord de la tour, en lien avec le tachéomètre déjà existant
- En option : l'installation de 3 inclinomètres sur barre d'un mètre en façade



En orange, les prises existantes ; en bleu, les prises ajoutées en août 2024



### Instrumentation du frettage de la tour :

Installé en 2019, le frettage métallique permet de retenir les glissements du pied de la tour côté passe. Aujourd'hui, puisque le caractère monolithe de la tour est remis en cause, il est important d'identifier si ce frettage préventif est effectivement mis en tension par des mouvements de maçonnerie ou non. En d'autres termes, les barres de maintien installées « au repos » (sans tension artificielle) se mettent-elles ou non en tension sous l'effet du glissement des maçonneries côté passe ?

Cette instrumentation consiste en :

- L'installation de 4 extensomètres à corde vibrante sur les tirants de la salle basse

### Instrumentation des fissures :

De très nombreuses fissures sont aujourd'hui instrumentées, soit à l'aide de simples fissuromètres, soit par le biais d'extensomètres reliés à une centrale qui enregistre les ouvertures et déformation des fissures existantes.

Cette instrumentation consiste en la mise en place de nouveaux appareils sur les fissures principales qui définissent la fracturation de la tour en 3 blocs : corps principal, éperon et tourelle Nord-Ouest.

- L'installation de 9 extensomètres sur les fissures les plus importantes pour obtenir des mesures plus précises
- L'installation de 2 télémètres dans la salle du premier étage pour identifier la vitesse d'écartement de la voûte



**Mise à jour du nuage de points :**

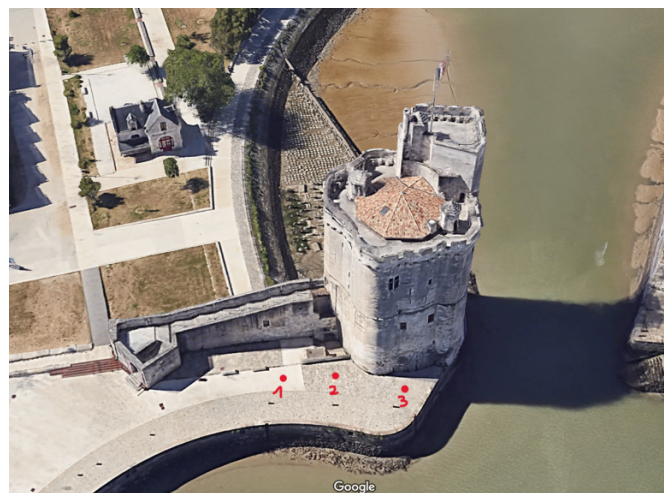
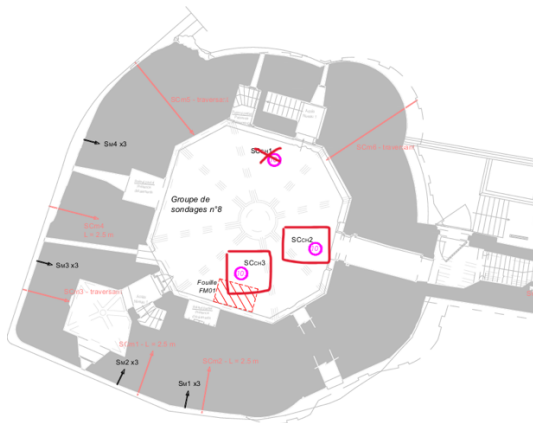
Un nuage de point particulièrement précis a été réalisé en 2021 pour la mise à jour des plans de la tour.

En septembre 2024, un nouveau nuage de points a été réalisé (limité aux extérieurs de la tour ainsi qu'au quai et à la rampe) afin de comparer précisément les données et mettre en évidence les déformations en 3 dimensions.

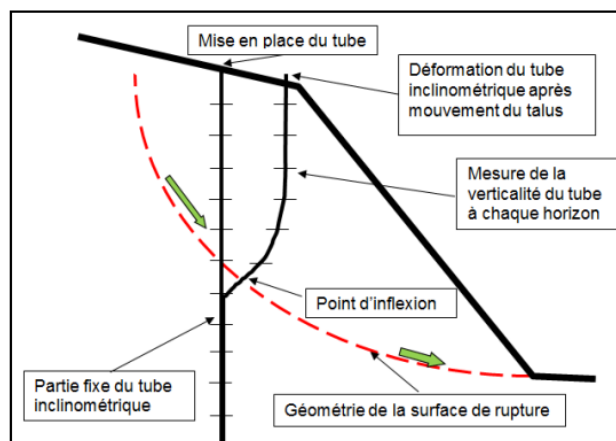
## INSTRUMENTATION DU TERRAIN

Au regard des mouvements supposés dans le terrain naturel, il a été décidé d'instrumenter le terrain lui-même au moyen d'inclinomètres. Ces inclinomètres seront disposés dans des forages existants ou dans des forages réalisés pour l'occasion.

- 2 à l'intérieur dans des réservations conservées au cas où à l'intérieur :
  - 2 x 15 m de profondeur ;
  - Leur installation n'est pas strictement conforme à la norme car les PVC en place dans lesquels les tubes inclinométriques sont installés ne sont pas scellés dans le terrain. Néanmoins, cela peut suffire et en tout état de cause, cela permet la mise en place d'une surveillance intérieure à moindre coût et rapidement ;
- 3 à l'extérieur sur le quai à positionner entre les fissures parallèles : 3 x 20 m. Les tubes seront scellés dans le calcaire, horizon garanti comme stable. Forages à réaliser.
- Installation dans le cadre de la mise en œuvre des sondes CPI par l'entreprise intervenant sur site (dans le cadre du marché en cours)
- Suivi confié à la société en charge de l'instrumentation (marché complémentaire) :
  - Suivi manuel,
  - réalisé mensuellement dans un premier temps
- Localisation :



- Principe de fonctionnement de la mesure inclinométrique:



## LES INTERVENTIONS DE CONFORTEMENT D'URGENCE

A cette première étape d'instrumentation d'urgence doit succéder la mise en sécurité des ouvrages.

### Périmètre de sécurité :

La question d'un périmètre de sécurité à aménager au pied de la Tour St-Nicolas s'est collectivement posée dès l'été 2024, en concertation avec la Ville de la Rochelle et la Capitainerie du Port.

A l'heure actuelle, le risque d'effondrement n'est pas avéré. Mais au nom du principe de précaution, et au regard des données qui indiquent un mouvement continu de la tour, un périmètre de sécurité assorti d'un protocole d'alerte a été défini :

- La mise en place de bouées au pied de la tour et de l'éperon, pour empêcher toute circulation au pied de la tour, réalisé par les Phares et Balises, avec la participation de la Capitainerie du Port : ce périmètre permet de :
  - Sensibiliser les navigateurs au risque de chute de matériaux au droit des parements de la tour
  - Mettre en place un protocole d'alerte et de fermeture de la passe en cas de signes avant-coureurs de mouvement, tels qu'une chute de pierres dans la zone délimitée par les bouées.
- La mise en place d'une clôture entre la tour et le quai du port, côté Nord (côté du basculement de la tour)
- La mise en place d'une condamnation provisoire des accès à la berge des éprouvettes au Sud

Aujourd'hui, la tour est fermée au public depuis les alertes de juillet 2024. La mise en place des consolidations d'urgence a pour but d'assurer la cohésion de la tour dans le sens de la translation (écartement des différentes moitiés) mais ne permettra pas de lutter contre le cisaillement vertical qui opère actuellement. **A ce titre, l'ouvrage restera sensible aux mouvements, et des chutes de matériaux pourraient survenir dans la tour, ce qui ne permettra pas sa réouverture au public tant que les travaux de restauration définitifs ne seront pas mis en œuvre.**

**Aussi, la mise à l'étude d'une solution alternative permettant de dégager le niveau de l'accueil et la réouverture au public n'est pas mise à l'étude.**

### Principe de renforcement d'urgence

Au regard de l'évolution des déplacements de la tour et de l'activation de certaines fissures, la première urgence est d'assurer la cohésion de la tour pour éviter qu'elle ne s'ouvre en deux, ce qui risquerait de changer brutalement le modèle statique de l'ensemble et d'aggraver la situation.

A ces fins, les travaux de confortement d'urgence porteront sur 3 interventions complémentaires :

- La mise en place de deux cerclages en position haute de la tour
- La mise en place de deux tirants horizontaux traversants, permettant de raccrocher l'éperon et la tourelle Nord-Ouest au reste de la tour,
- La mise en place d'un ceinturage périphérique en partie basse pour éviter l'éclatement de la base de la tour. Ces travaux nécessiteront d'importants terrassements

### Phase 1 : mise en place des cerclages supérieurs

Il s'agit de poser deux frettages constitués chacune de deux câbles mono-torons, calés sur des couchis en chêne et vérinés.

Deux sapines permettront de vériner ce frettage.

Cette intervention n'engendre pas de carottage ni de dépose de maçonnerie.

## **Phase 2 : mise en place des tirants transversaux**

Il s'agit de mettre en place deux tirants horizontaux en travers de la tour et de la salle du R+1 (Accueil), ce qui nécessite l'évacuation de l'ensemble du mobilier de l'accueil. De même, les cloisons et les portes aménagées dans les embrasures des baies devront être déposées.

Ces tirants sont constitués de platines métalliques en profilés assemblés, reliés par des tiges d'ancrage en acier galvanisé. En complément, un boutonnage sera mis en œuvre dans la salle basse de l'éperon, impliquant une modification du chevalement du cintre en place.

Même si l'objectif est de passer au maximum par les baies, la géométrie complexe de la tour impose la mise en œuvre de carottages au niveau des allèges de baies et de la tourelle Nord-Est.

On prévoira la mise en œuvre de clôtures provisoires dans les baies pour lesquelles il aura été nécessaire de déposer les menuiseries.

## **Phase 3 : mise en place du cerclage inférieur**

Il s'agit de mettre en place un cerclage périphérique au pied de la tour, avec la difficulté liée à la différence de niveaux entre le pied de la tour et le niveau du quai.

Il sera alors nécessaire de procéder au terrassement du pied de la tour, dans le quai au Nord. Ce terrassement aura pour but de permettre la mise en place de cette ceinture au bon niveau, à savoir au niveau le plus bas possible tout autour de la tour.

Le terrassement se fera au pied de la tour, dans le quai Nord, avec :

- Dépose du parement du quai
- Démolition de la maçonnerie de blocage du mur du quai
- Décaissement, cis démolition des massifs de béton des années 1950
- Préparation de la fouille avec mise en place de ballaste

De même, afin de permettre à ce renforcement de ceinturer la tour, il est prévu de :

- Déposer en conservation la maçonnerie de la porte gothique de la rampe (maçonnerie XIX<sup>e</sup>)
- De déposer une partie du mur Sud de la rampe
- De carotter le mur de la rampe.

La mise en œuvre de la ceinture se fera au moyen de :

- 12 câbles de 7 torons en partie basse
- 4 câbles de 7 torons en partie haute
- Le tout enfilé dans des tubes, et injectés au mortier

Ces ceintures maintiendront un ouvrage de charpente métallique situé au pied de l'éperon. Afin d'assurer le bon maintien de ces ceintures et de la tour malgré la géométrie irrégulière de cette dernière, des dispositifs d'appuis en charpente métallique seront réalisés et complétés par de la maçonnerie réversible.

La mise en œuvre de ces renforcements imposera de modifier le sommier d'appui existant (frettage 2019) situé en travers de la porte d'accès à la salle basse et de le remplacer par un ouvrage de charpente métallique neuf, qui permettra accessoirement de faciliter l'accès à cette salle, notamment pour les futures machines de travaux.

A l'issue des travaux, la tranchée sera provisoirement rebouchée, mais en conservant les chambres de vérinage accessibles.

Les maçonneries déposées ne seront remontées qu'en phase de restauration définitive de la tour.