



JOURNEES NATIONALES
MACONNERIE

5ème édition – Bordeaux

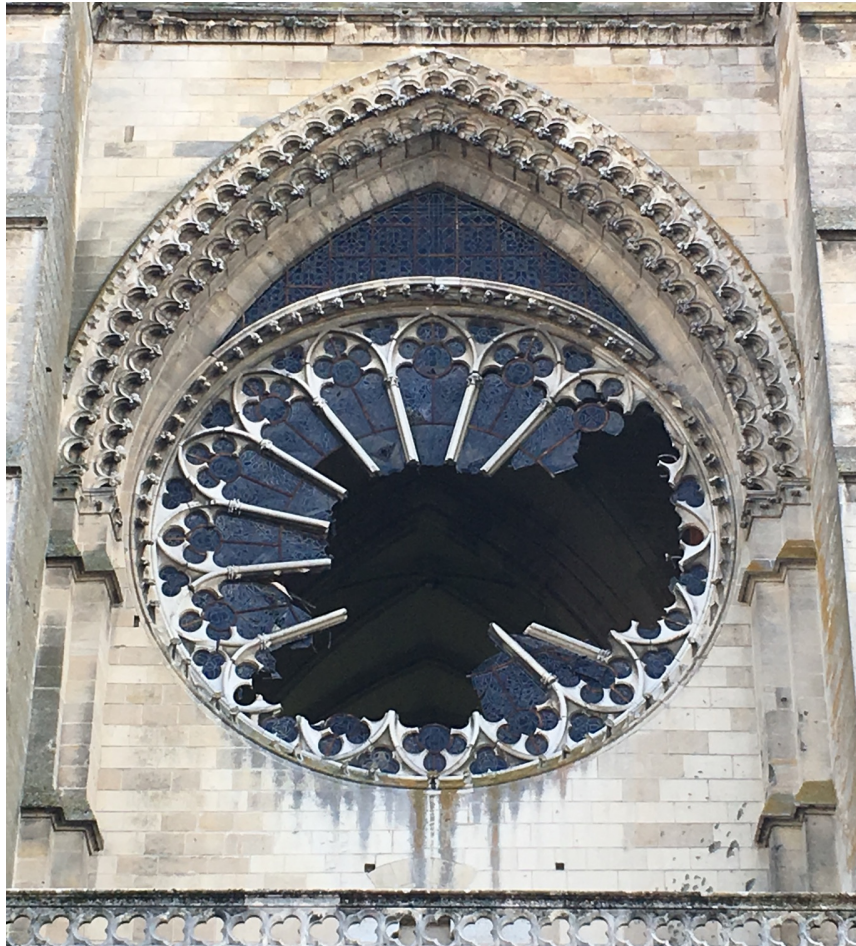
12 et 13 Juin 2025



LA RESTAURATION DE LA ROSE OCCIDENTALE DE LA CATHEDRALE DE SOISSONS

MERLIN Eric

La tempête EGON du 12 janvier 2019, avec des vents atteignant 140 km/h, a soufflé une grande partie de la rose occidentale de la cathédrale de Soissons.

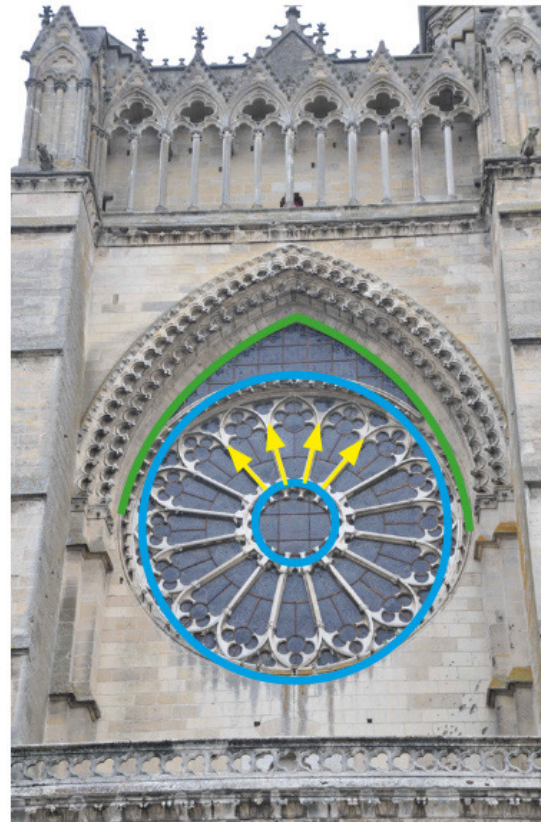


ETUDE DE LA ROSE DE SOISSONS

DIAGNOSTIC



Analyse des dispositions de l'ouvrage,
Analyse des pathologies,
Mises aux calculs par modélisation aux éléments finis.



- Arc brisé en façade
- 2 cercles concentriques dans la composition
- Colonnettes avec chapiteaux tournés vers le cercle périphérique :
 - ← 1 niveau continu de colonnettes

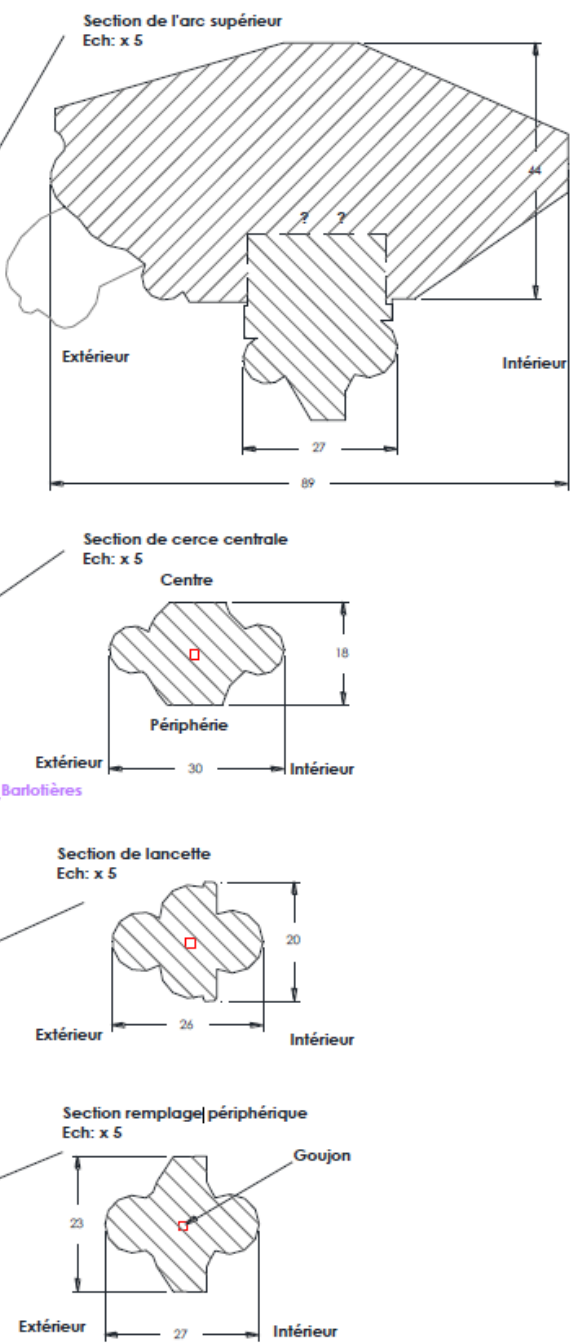
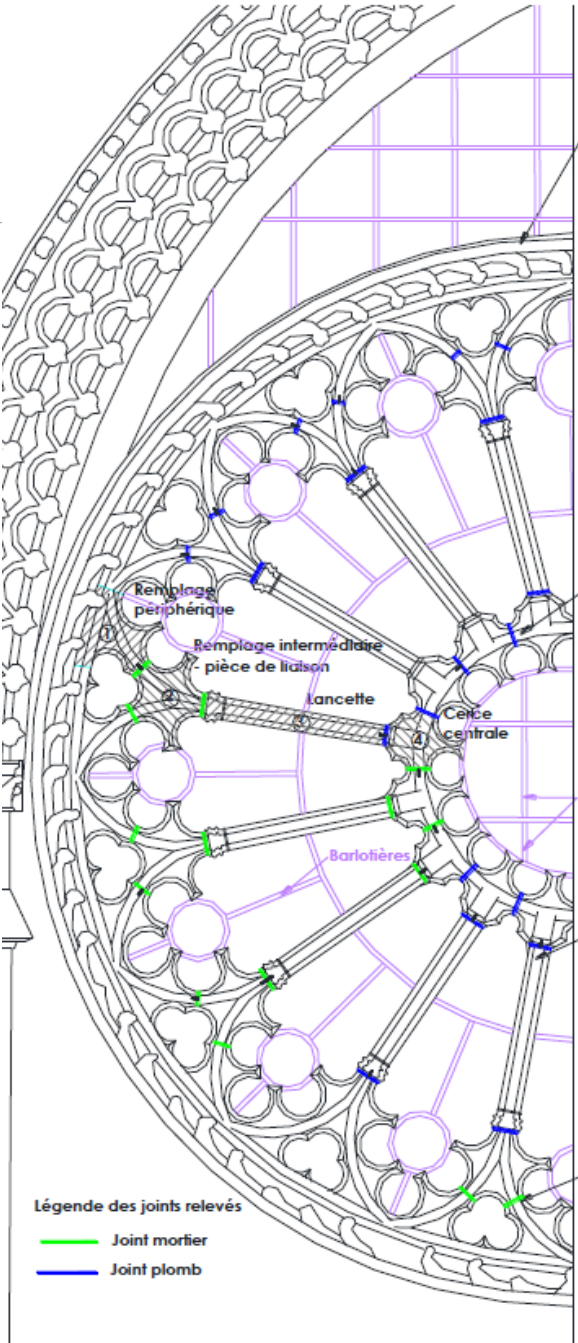
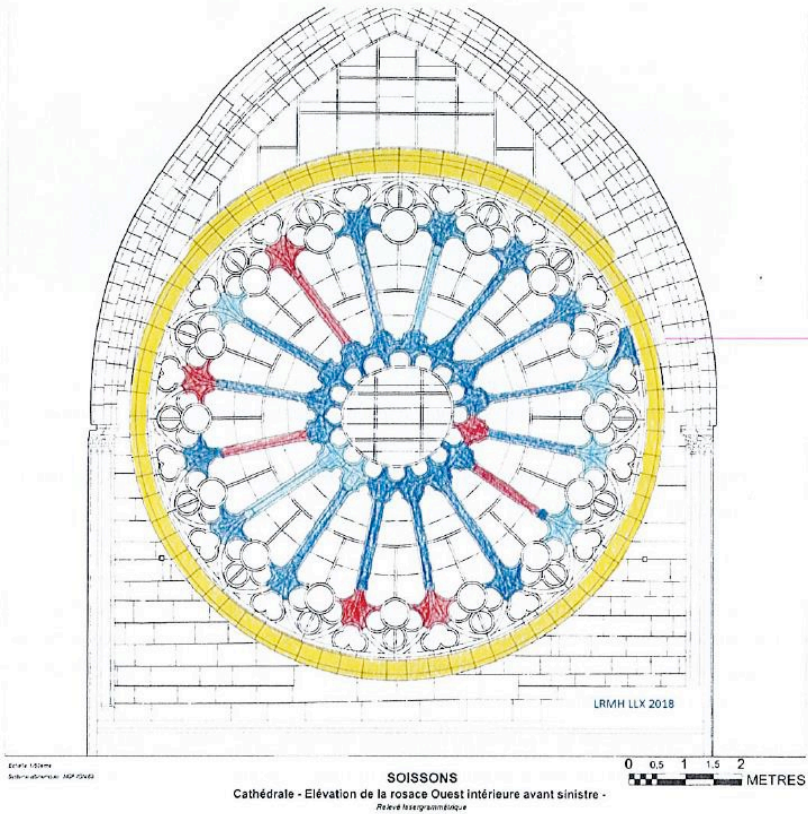
ETUDE DE LA ROSE DE SOISSONS

DIAGNOSTIC

SOISSONS (Aisne, 02) – Cathédrale Saint-Gervais-et-Saint-Protais
Relevé lithologique rose de la façade occidentale
(L. Leroux, LRMH - 2018)

- calcaire lutétien dur et fin, de type Saint-Pierre-Aigle
- calcaire lutétien dur, coquiller, de type Saint-Pierre-Aigle
- calcaire lutétien dur, coquiller, à cérithes silicifiés, de type Laversine (mise en œuvre Brunet)
- calcaire lutétien à *Ditropa strangulata*, de type Crouy

	Type	Scellement
J0	Fer – section carrée 1.5 cm de côté – longueur totale < 10 cm	plomb
J1	Laiton – section circulaire 1,5 cm de diamètre – longueur totale 8,5 cm	plomb
Jr1	Goujon-vis-boulon Laiton – section carrée de 0.8 cm de côté – partie filetée circulaire 0,5 cm de diamètre	plomb
J2	Laiton – section circulaire 1,5 cm de diamètre – longueur totale 8,5 cm	Ciment portland
Jr2	Goujon-vis-boulon Laiton – section carrée de 0.8 cm de côté – partie filetée circulaire 0,5 cm de diamètre	Ciment portland
J3	Cuivre – section carrée 2 cm de côté – longueur 10 cm	Ciment portland
Pb	Goujon absent ou invisible moment de l'observation, reste scellement au plomb	plomb
abs	Absent au moment de l'observation	-

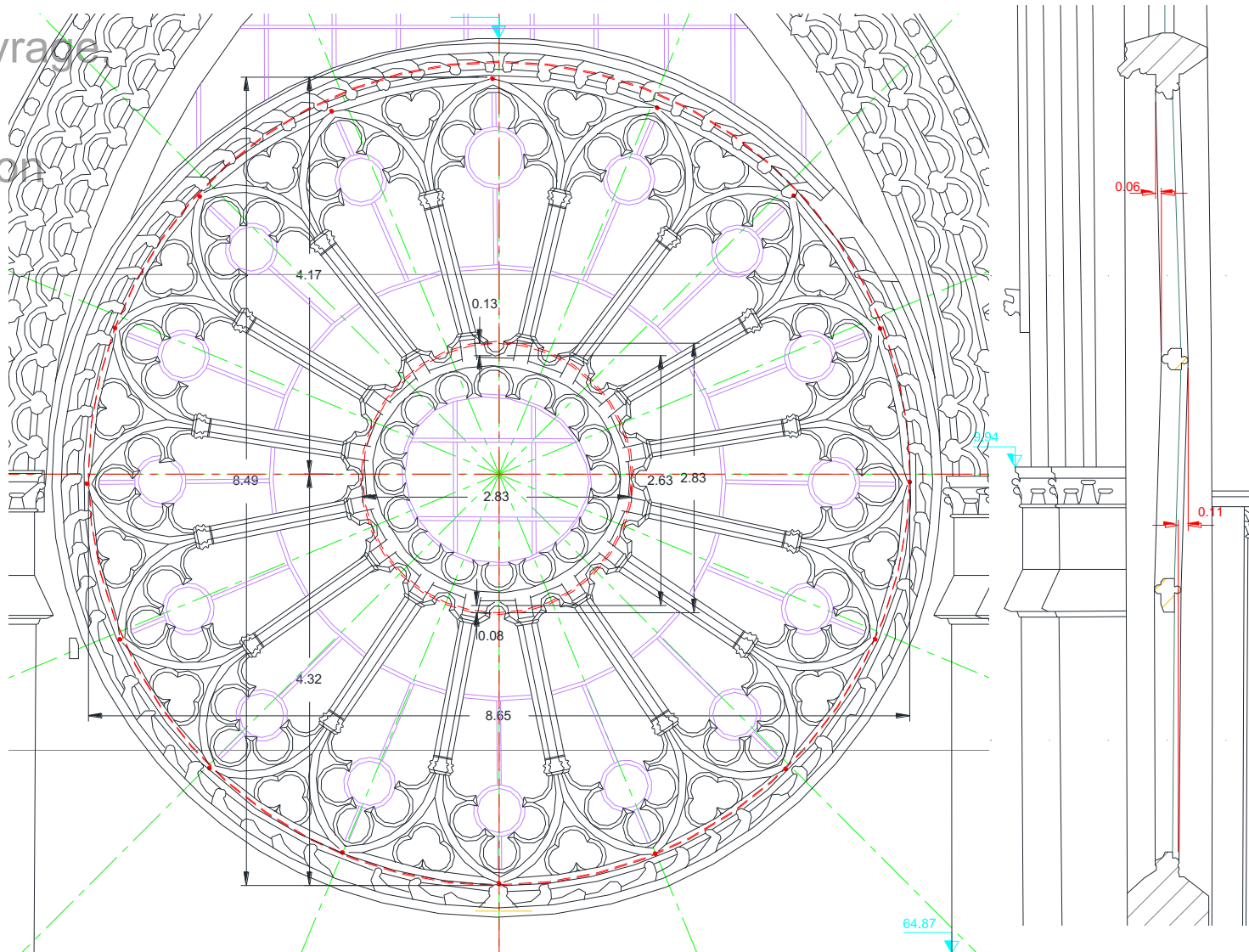




Analyse des dispositions de l'ouvrage

Analyse des pathologies,

Mises aux calculs par modélisation

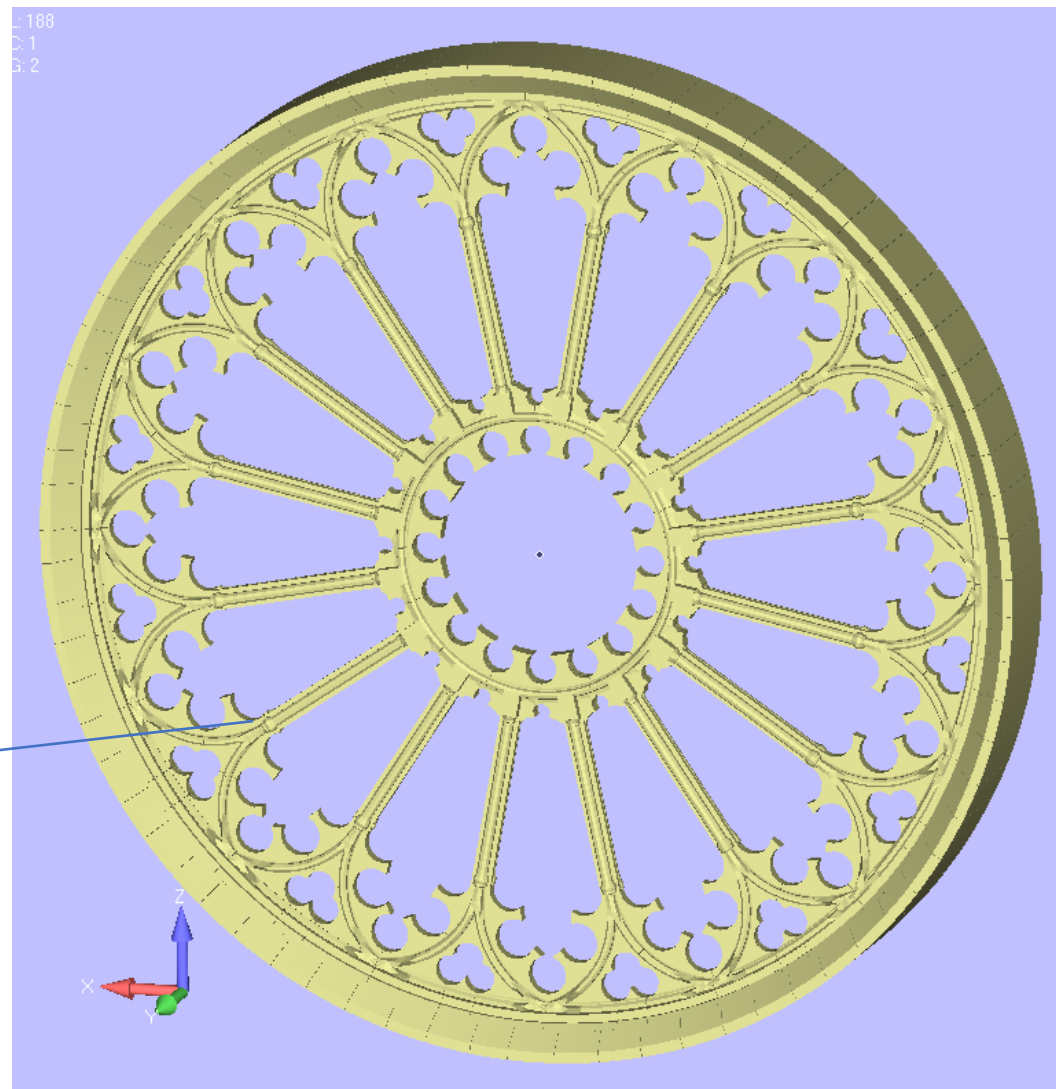
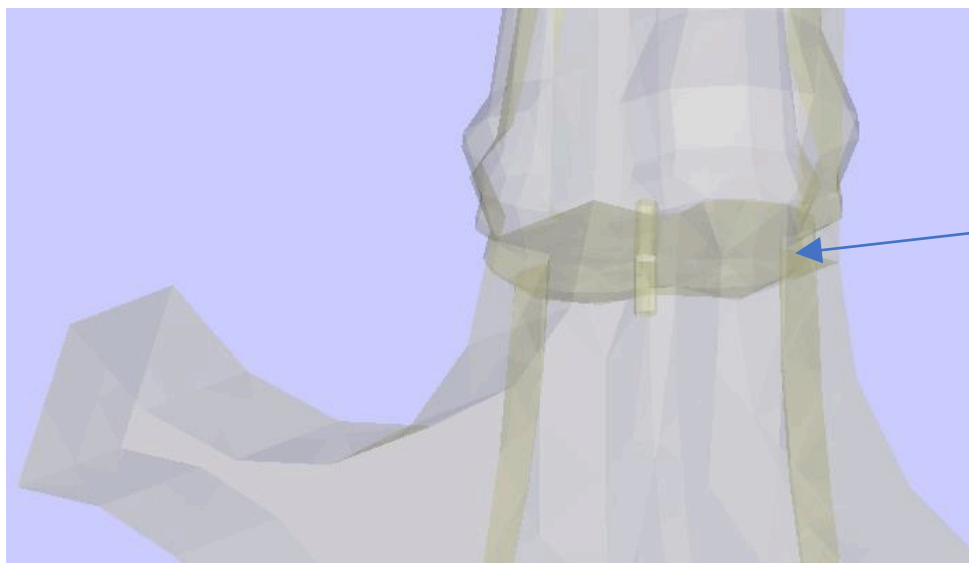




Analyse des dispositions de l'ouvrage,
Analyse des pathologies,

Mises aux calculs par modélisation

Vue par transparence d'un goujon de liaison entre deux claveaux



ETUDE DE LA ROSE DE SOISSONS

DIAGNOSTIC



Tableau 4 : Caractéristiques pétrophysiques des pierres en œuvre dans la rose de la façade occidentale de la cathédrale de Soissons (en italique, les résistances incluant les carottes fissurées)

	LERM				LRMH
	Masse volumique apparente (kg/cm3)	Porosité ouverte (%)	Résistance à la flexion (MPa)	Résistance à la compression (MPa)	Module d'élasticité (GPa)
Bloc 1 Type Saint Pierre-Aigle fine et dure Mise en œuvre médiévale	2130 (2130 à 2140)	21.1 (20.7 à 21.5)	8.2 (7.5 à 9.0)	44.6 (42.9 à 45.9) <i>43 (39.1 à 45.9)</i>	343.72 (294.7 à 431.9)
Bloc 2 Pierre n° 3, de type Laversine Mise en œuvre 1930-31.	2390 (2390 à 2400)	11.7 (11.4 à 11.9)	13.8 (13.0 à 14.7)	86.9 (68.3 à 97.4) <i>74 (47.6 à 97.4)</i>	457.38 (451.8 à 462.9)

Ces résultats sont cohérents avec les données issues de la littérature.

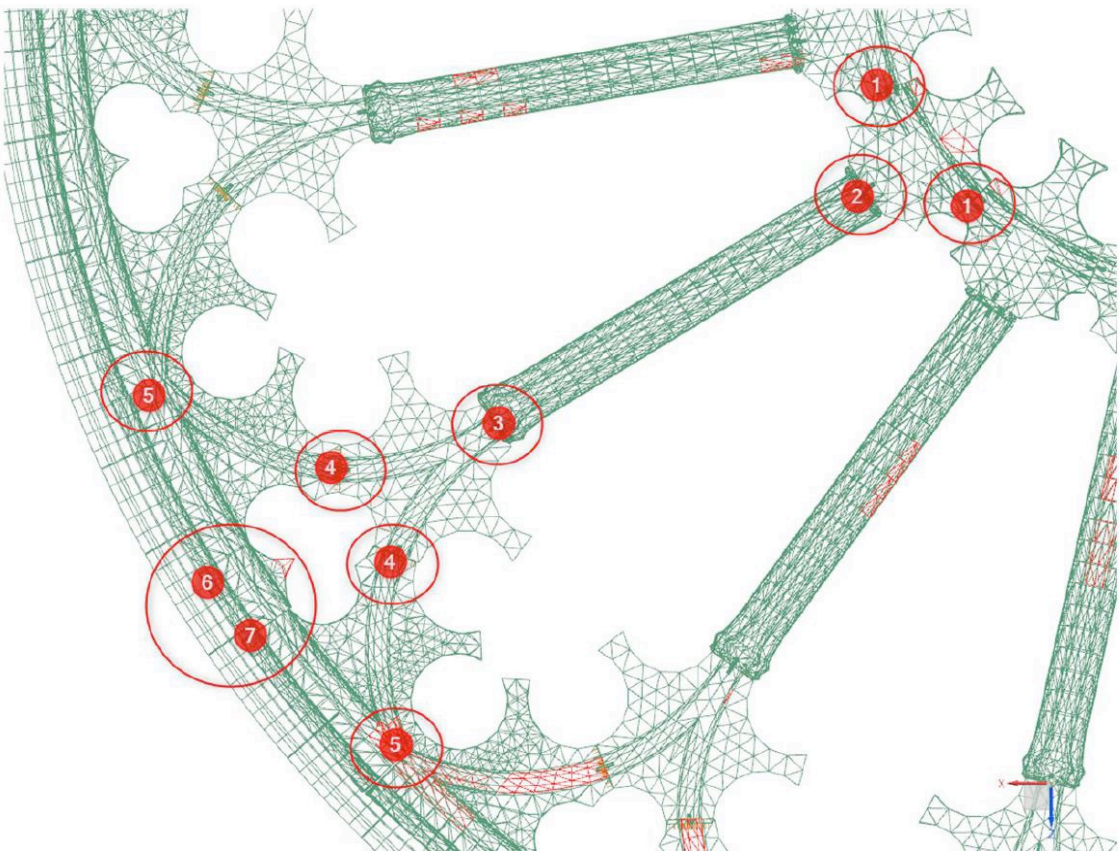
Nous retenons, pour les modélisations aux éléments finis volumiques les caractéristiques mécaniques suivantes :

- f_{uc} : résistance moyenne à la compression 40 MPa
- f_{ut} : résistance à la traction \ flexion 6 MPa
- ρ : poids volumique apparent 2 000 kg/m3
- E : module d'Young (module d'élasticité) 35 GPa
- ν : coefficient de Poisson 0,2

Notons que, compte tenu des dimensions de la rose, certaines pierres sont probablement posées en délit (lancettes) alors que d'autres sont posées sur lit (remplages).

Le modèle informatique de la rose prend en compte des contacts surfaciques entre claveaux avec des coefficients de frottement de 0,4.

Ces éléments de calculs transmettent les efforts de compression mais pas les efforts de traction et laissent la possibilité aux joints de s'ouvrir.

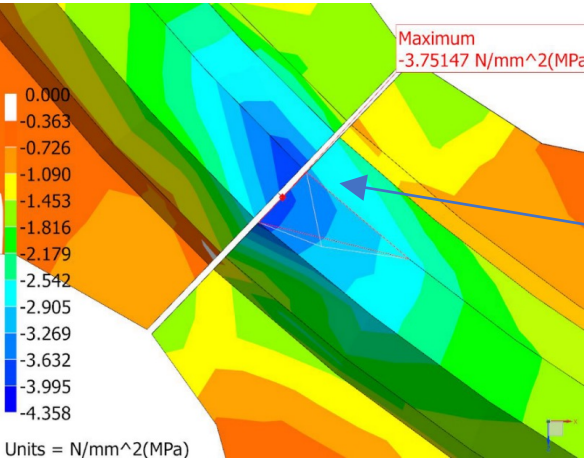


ETUDE DE LA ROSE DE SOISSONS

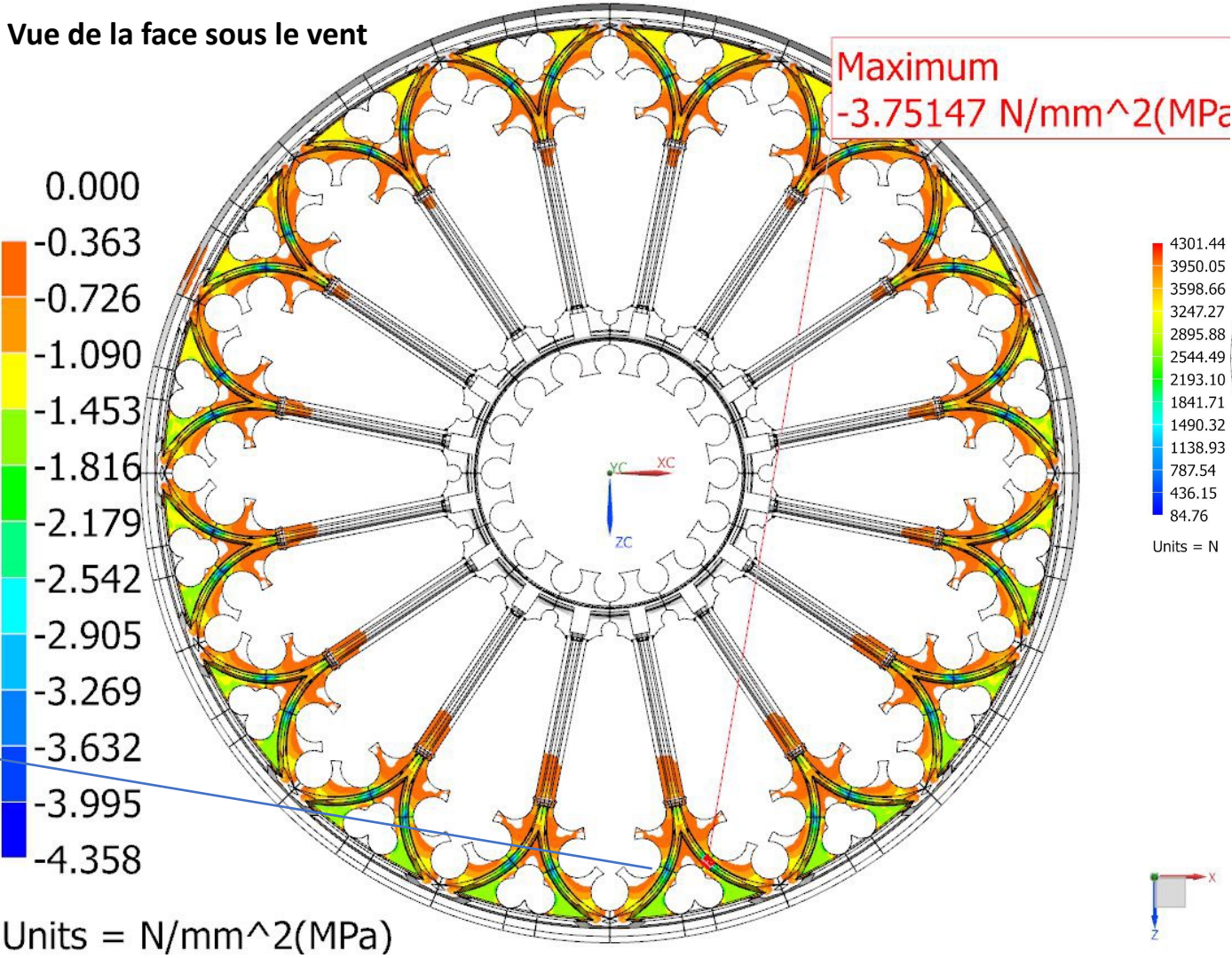
DIAGNOSTIC



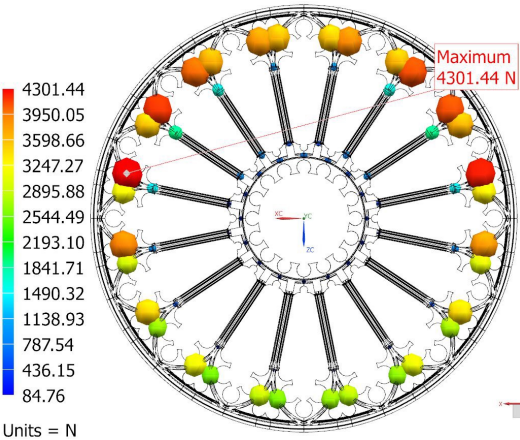
Hypothèse de géométrie parfaite
de la rose et goujons reprenant
des efforts de traction



Vue de la face sous le vent



Effort de traction dans
les goujons



ETUDE DE LA ROSE DE SOISSONS

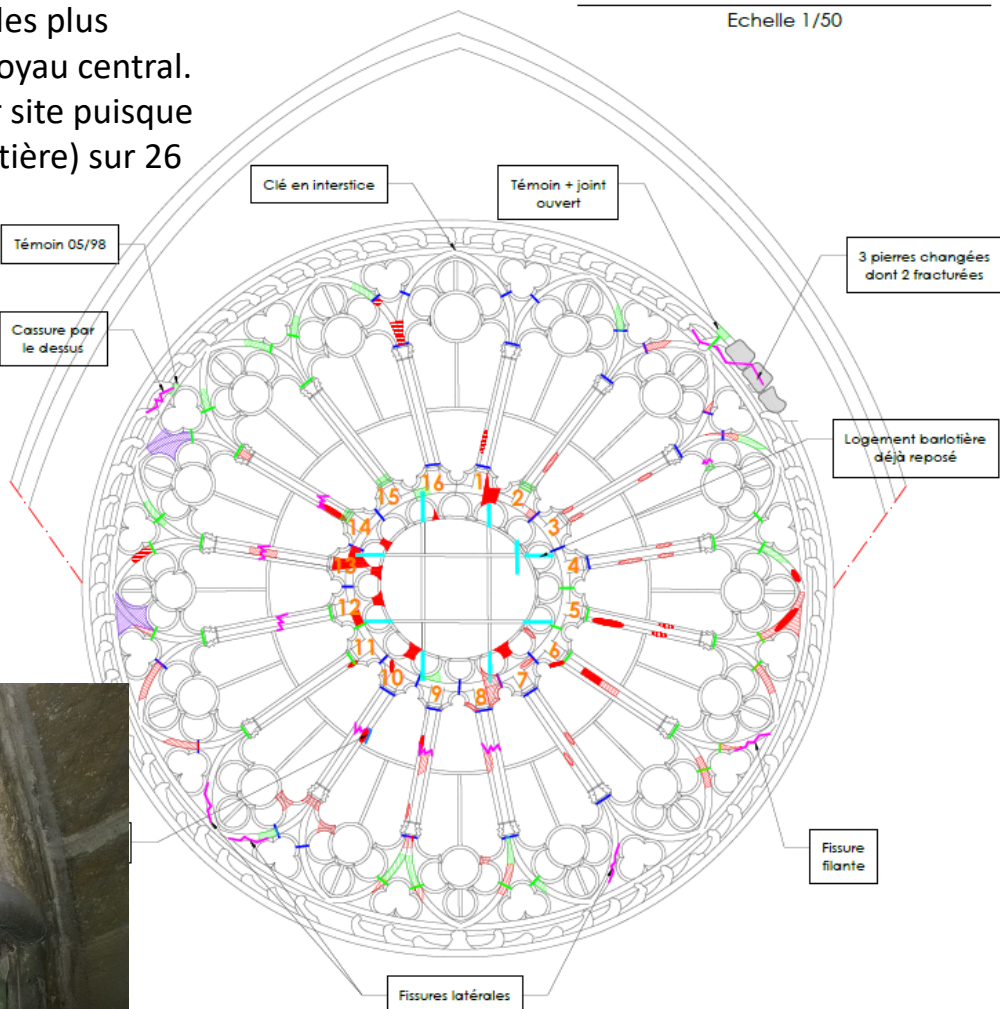
DIAGNOSTIC



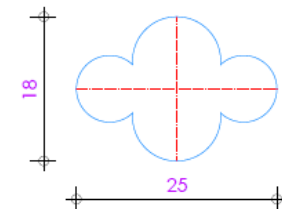
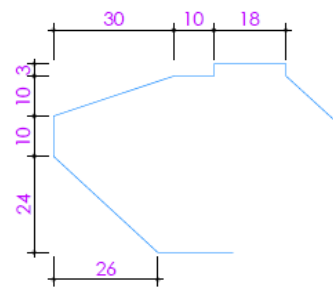
Altérations locales parements intérieurs

La mise au calcul de la rose met en évidence que les éléments les plus contraints sont les remplages périphériques et les pierres du noyau central. Ces résultats sont corroborés par les observations réalisées sur site puisque nous relevons des altérations (ragréages ou disparitions de matière) sur 26 des 32 départs de lancettes.

Relevés intérieurs de la rosace
Echelle 1/50



- Epaufures
- Fractures
- Fissures
- Joint mortier
- Joint au plomb
- Nervures éclatées et réparées par ragréage
- Nervures éclatées et disparues
- Témoin
- Barres encore en place
- Goujons circulaires ou carrés



Présence d'anciennes réparations sur les remplages périphériques (reconstitution des sections par ragréage)

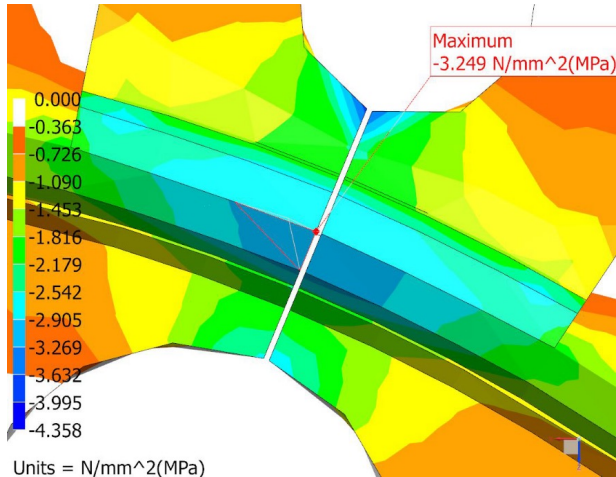


ETUDE DE LA ROSE DE SOISSONS

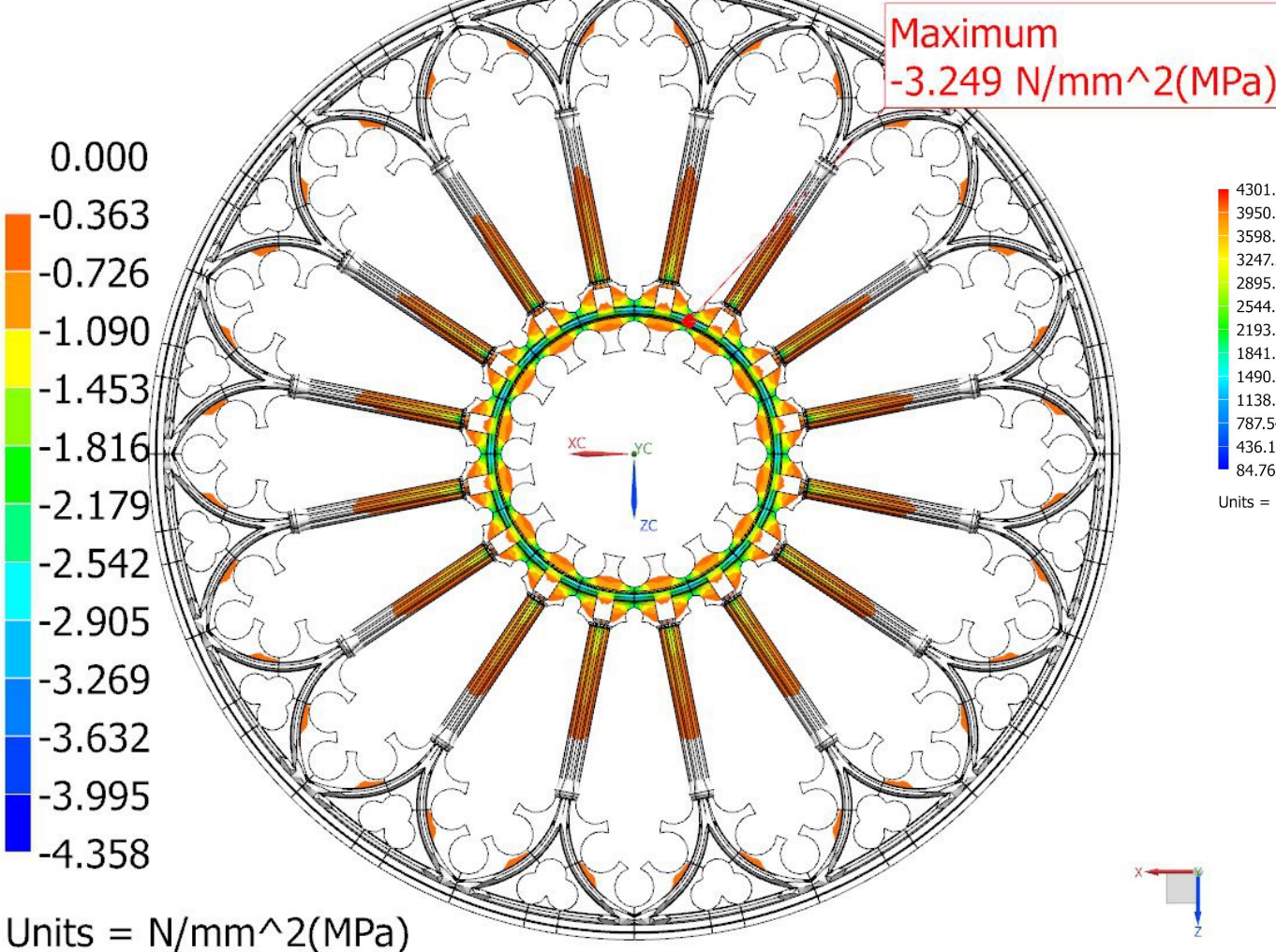
DIAGNOSTIC



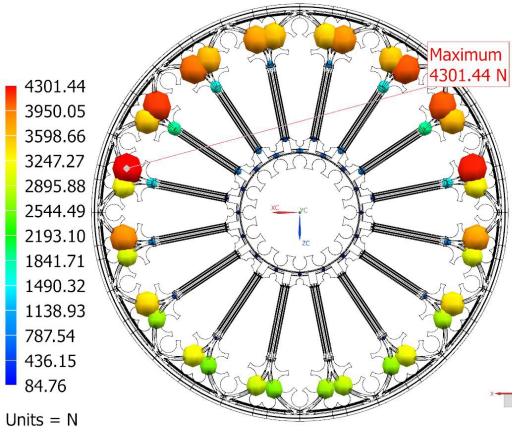
Hypothèse de géométrie parfaite de la rose et goujons reprenant des efforts de traction



Vue de la face au vent



Effort de traction dans les goujons



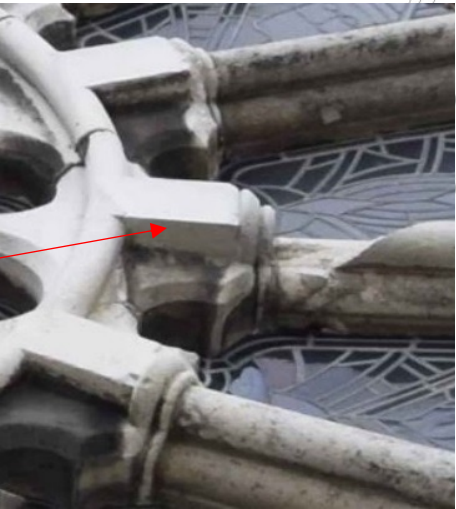
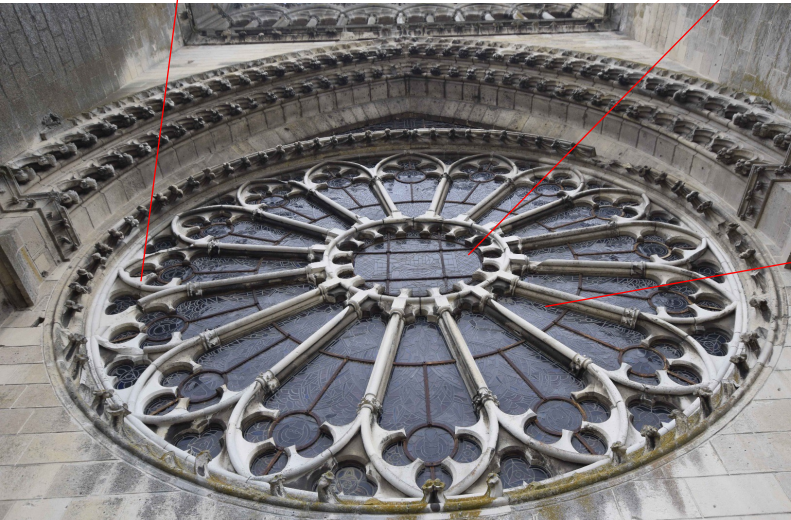
ETUDE DE LA ROSE DE SOISSONS

DIAGNOSTIC



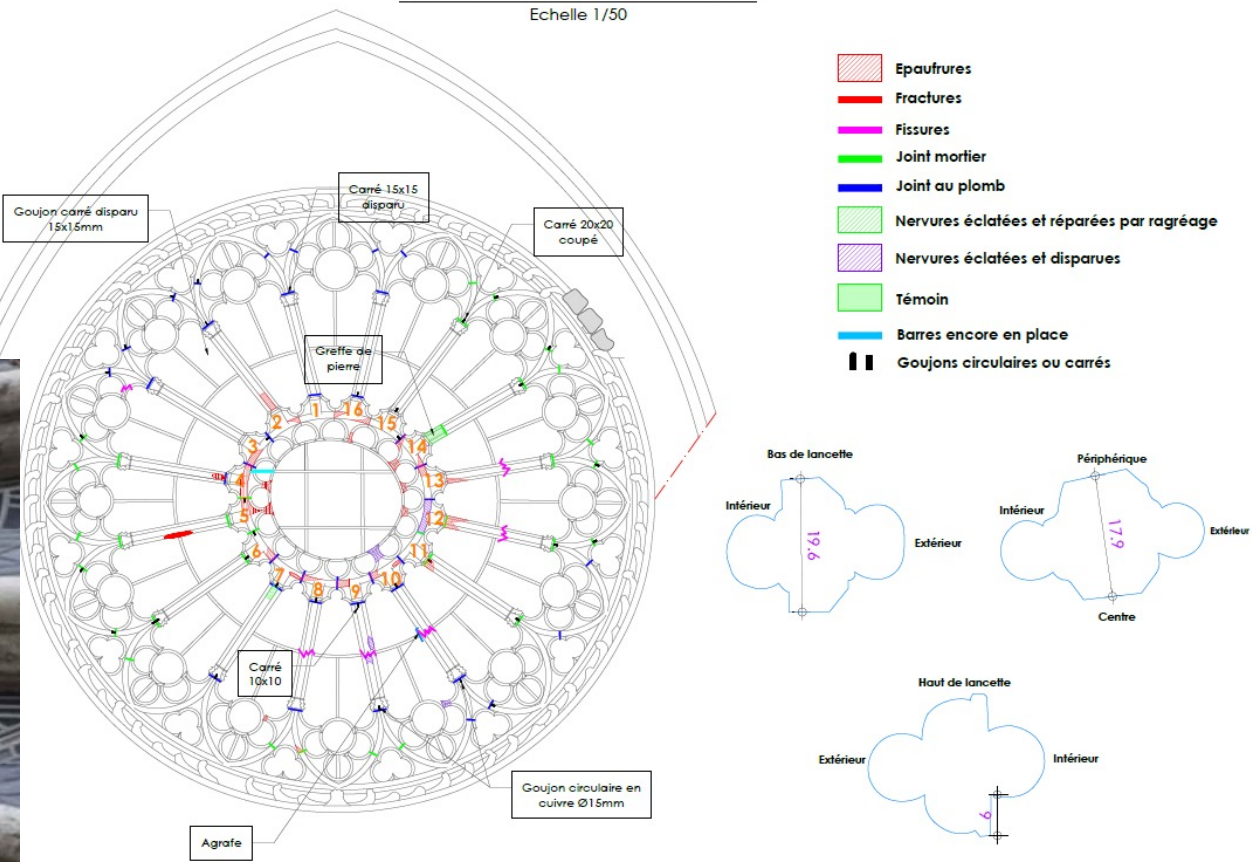
Altérations locales parements extérieurs

La mise au calcul de la rose met en évidence que les éléments les plus contraints sont les remplages périphériques et les pierres du noyau central. Ces résultats sont corroborés par les observations réalisées sur site puisque nous relevons des défauts (ragréages, ou disparitions de matière) sur 13 des 16 joints du noyau central.



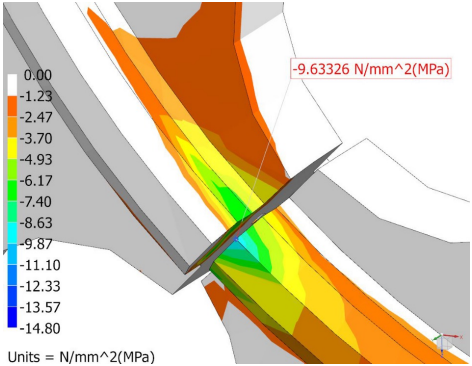
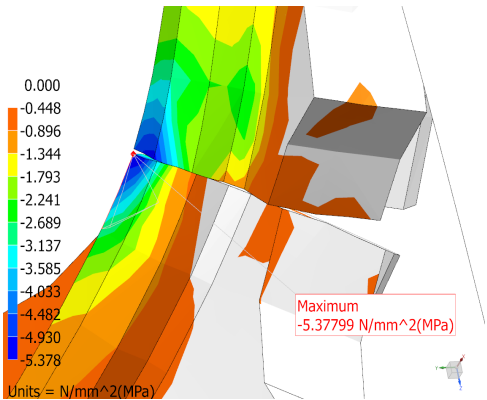
Relevés extérieurs de la rosace

Echelle 1/50



ETUDE DE LA ROSE DE SOISSONS

DIAGNOSTIC

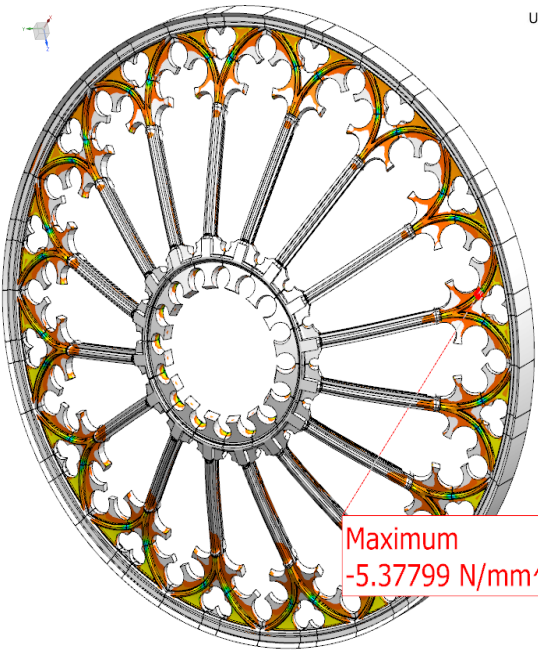


CARACTERISTIQUES MECANQUES DES PIERRES

- *fuc* : résistance moyenne à la compression
- *fut* : résistance à la traction \ flexion

40 MPa
6 MPa

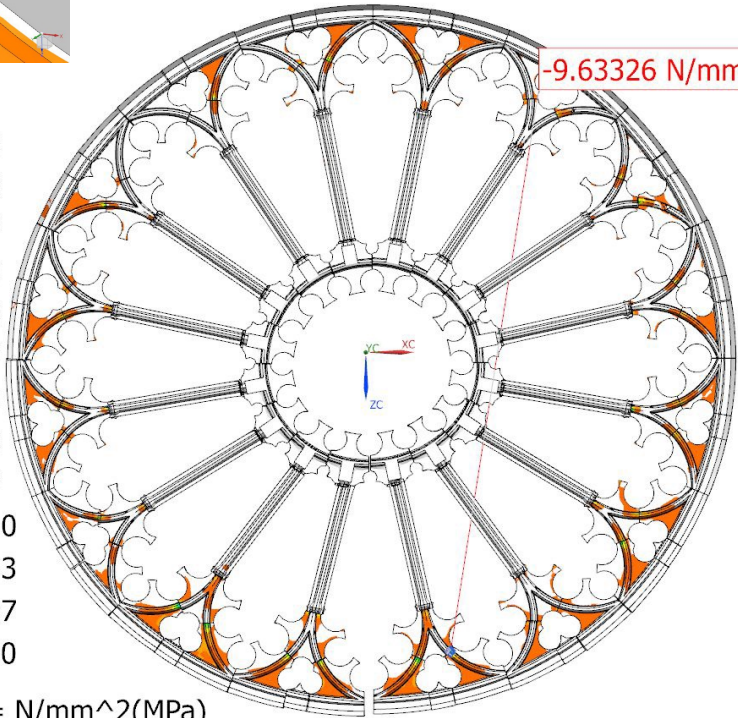
0.000
-0.448
-0.896
-1.344
-1.793
-2.241
-2.689
-3.137
-3.585
-4.033
-4.482
-4.930
-5.378



Units = N/mm²(MPa)

MODELE GEOMETRIE PARFAITE AVEC GOUJON NE REPRENANT PAS
D'EFFORTS DE TRACTION

0.00
-1.23
-2.47
-3.70
-4.93
-6.17
-7.40
-8.63
-9.87
-11.10
-12.33
-13.57
-14.80



Units = N/mm²(MPa)

MODELE PRENANT EN COMPTE LES IMPERFECTIONS ET LES
ALTERATIONS DE LA ROSE

ETUDE DE LA ROSE DE SOISSONS

DIAGNOSTIC



CONTRAINTES DANS LES PIERRES POUR LES DIFFERENTES MODELISATIONS

Modèle	Contraintes de compression (MPa)	
	Coté au vent	Coté sous le vent
Géométrie parfaite - goujons reprenant des efforts de traction	-3.25	-3.75
Géométrie parfaite - goujons ne reprenant pas d'efforts de traction	-3.36	-5.38
Géométrie altérée - goujons reprenant des efforts de traction	-12.34	-9.63
Géométrie altérée - goujons ne reprenant pas d'efforts de traction	-	-

La mise au calcul de la rose met en évidence que les éléments les plus contraints sont les remplages périphériques et les pierres du noyau central. Ces résultats sont corroborés par les observations réalisées sur l'ouvrage.

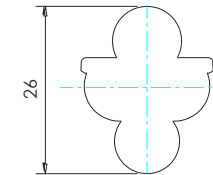
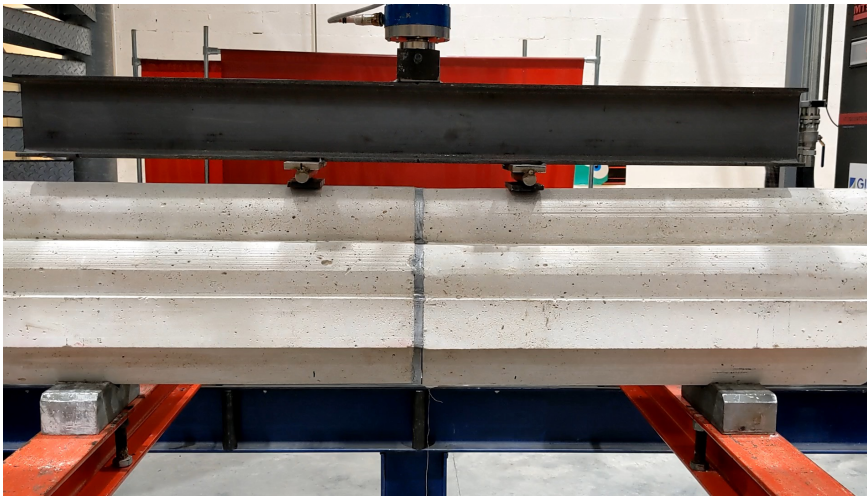
Notons que ces résultats sont dépendants de la raideur des joints et du rôle joué par les goujons. Le faible ancrage initial de ceux-ci (inférieur à 5 cm) leur permet difficilement de transmettre les efforts de flexion liés au vent. Il en résulte le pincement des joints et la concentration de contrainte de compression sur les nervures au vent pour le noyau central et sous le vent pour les remplages périphériques.

L'analyse montre par ailleurs que l'hyperstaticité de la structure a permis à la rose de se déformer et de s'altérer au fur et à mesure des événements climatiques jusqu'à un point critique marqué par l'altération de plus de 50% des joints des remplages périphériques et par l'altération profonde d'un joint du noyau central.

Au stade d'altération relevé avant sinistre, le modèle informatique n'est pas stable si les goujons ne sont pas capables de reprendre des efforts de traction de l'ordre de 1 tonne.

La rupture de la rose apparaît donc liée à un état extrême de déformation et d'altération résultant d'une fragilisation progressive par des épisodes venteux successifs.

- 2° Travail sur la résistance des pièces avec l'épaisseur moyenne des pierres portée de 26 à 31 cm ce qui permet d'augmenter de 42% le module d'inertie des sections utilisées dans le calcul des contraintes.



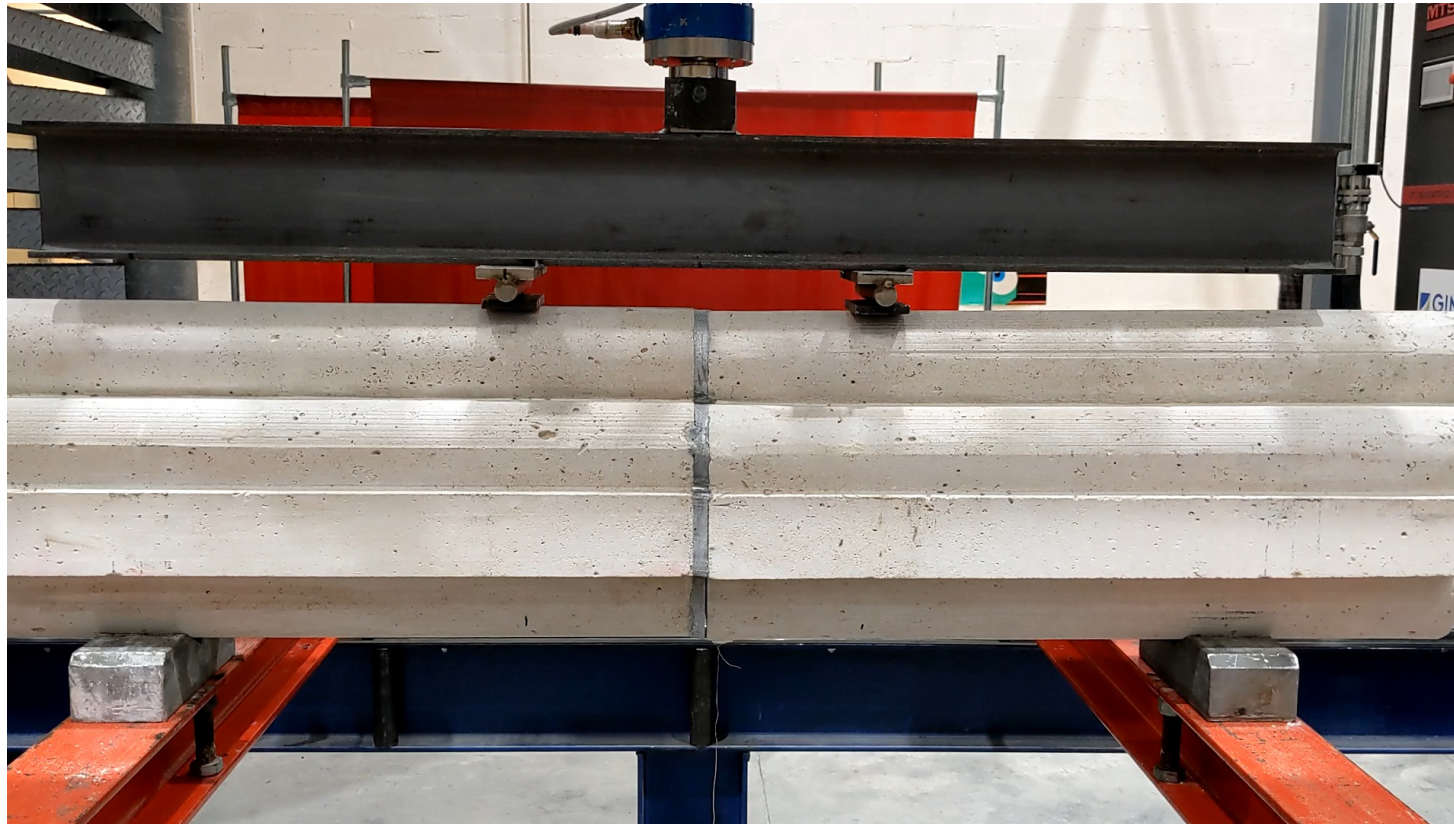
ETUDE DE LA ROSE DE SOISSONS

RESTAURATION



ETUDE DE LA ROSE DE SOISSONS

RESTAURATION



ETUDE DE LA ROSE DE SOISSONS

RESTAURATION



CHARPENTIER PM



Merci de votre attention

Éric MERLIN

Ingénieur BET Structure

Co-gérant, associé

Mob. : 06.03.95.25.00.

e.merlin@lebeassocies.fr

Le BE
associés

24 rue Laure Diebold

69009 LYON

tél : 04.72.56.51.61

contact@lebeassocies.fr

Journées Nationales de la Maçonnerie

5ème édition | Bordeaux

12 et 13 juin 2025