GÉOTEC
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE



RAPPORT

Diagnostic structurel

Palais de Justice

Palais de Justice de Saint Gaudens

SAINT GAUDENS (31)

Place du Palais

Référence : 2024/06349/TOULS				Diagnostic structurel		
Indice	Date	Modifications Observations	Nbre pages Texte + Annexes	Établi par	Vérifié par	Approuvé par
0	24/10/24	Première émission	29 (14+15)	Gaël CAMUS	Thomas GAIGNEUR	Thomas GAIGNEUR
A						
B						
C						

Nb : l'indice le plus récent de la même mission, annule et remplace les indices précédents

AGENCE TOULOUSE
8 avenue Hermès
31240 L'UNION
Tél : 05.34.260.260
Mail : agence.toulouse@geotec.fr

Siège social
9 boulevard de l'Europe 21800 QUETIGNY
Tél. : 03.80.48.93.20
SAS au capital de 952 200 € - Siret 778 196501 00028
Code NAF 7112B – Qualité OPQIBI
Membre SYNTEC, USG et UPDS - www.geotec.fr

SOMMAIRE

1. CADRE D'INTERVENTION 3

1.1 INTERVENANT 3

1.2 MISSION 4

2. MOYENS MIS EN OEUVRE 5

3. RESULTATS DES INVESTIGATIONS 6

3.1 INPLANTATION DES SONDAGES 6

3.2 COUPES DES ELEMENTS INVESTIGUES 7

3.3 NOTE DE CALCULS 10

3.3.1 Documents de références 10

3.3.2 Données et méthodologie 10

3.3.3 Conclusions sur les calculs 11

CONDITIONS GÉNÉRALES 12

ANNEXES 15

ANNEXE 1 – NOTE DE CALCULS 16

1. CADRE D'INTERVENTION

1.1 INTERVENANT

Dans le cadre du projet de changement de locaux du palais de justice de Saint-Gaudens, situé place du Palais, à SAINT GAUDENS (31), la société GEOTEC a réalisé un diagnostic structurel.

Les investigations sur site ont été réalisées le jeudi 18 juillet 2024.





Construction : début du XIXème siècle

1.2 MISSION

Conformément au cahier des charges du BET SETES, les objectifs de la mission sont les suivants :

- Au niveau de la douche au RdC :
  - Sondages destructifs au burineur depuis la surface et depuis la sous-face du plancher concerné afin de déterminer ses dimensions, sa nature et sa coupe.
  - Relevé des dimensions de la voute en pierre.
  - Détermination de la capacité portante du plancher en l'état et vérification de sa capacité à reprendre les charges engendrées par le projet.
    Etat actuel : bureau : Q= 250kg/m².
    Projet : zone de stockage : Q= 750kg/m².
  - Préconisation des renforts éventuels à mettre en œuvre.

Remarque : L'étude des éléments porteurs verticaux et des fondations, ne fait pas partie de notre étude.

Afin d'atteindre ces objectifs, nous avons réalisé les prestations suivantes :

- Sondages destructifs de reconnaissance de la nature des éléments concernés et relevés de leurs dimensions (éléments structurels, revêtements,) ainsi que le sens de portée des planchers.
- Relevé des dimensions de la voûte en pierre.
- Détections électromagnétiques du ferraillage des éléments bétons concernés, afin de déterminer de façon non destructive les enrobages et les espacements des armatures sur une profondeur de 10cm (remarque : dans le cas de plusieurs lits d'aciers superposés, seul le premier lit est détecté).
- Sondages destructifs de reconnaissance du ferraillage des éléments béton concernés, afin de déterminer le type, le diamètre et l'enrobage des armatures : aciers longitudinaux à mi travée et de continuités aux appuis.
- Evaluation de la capacité portante des éléments précités en l'état et vérification de sa capacité à reprendre les charges engendrées par le projet (charges permanentes G actuelles en kg/m² + charges d'exploitations Q admissibles en kg/m² : pour un bureau 250kg/m² et pour une zone de stockage 750kg/m²).
- Rebouchage des sondages au mortier de réparation adapté.

2. MOYENS MIS EN OEUVRE

Détection des armatures dans le béton :

Le système FERROSCAN HILTI permet de façon non destructive de détecter les armatures sur 10cm de profondeur (remarque : dans le cas de plusieurs lits d'aciers superposés, seul le premier lit est détecté).

Les mesures sont réalisées sur une ligne et permettent de repérer les armatures perpendiculaires au sens de parcours de la mesure. Le résultat est donné sous forme de diagramme où l'on peut voir les enrobages des aciers et leurs espacements.





Sondage destructif :

Des sondages destructifs au burineur HILTI sont réalisés afin de caractériser les éléments et afin de prélever des échantillons de matériaux.

Les dimensions des éléments sont relevées à l'aide d'un mètre, d'un pied à coulisse et d'un télémètre HILTI.

Pour les éléments en béton armé ou précontraint, après avoir détecté la position des armatures, ces sondages permettent de mettre à nu les aciers en des points représentatifs tout en n'affaiblissant pas la structure. On utilise ensuite un pied à coulisse pour mesurer précisément le diamètre des armatures. Ces sondages permettent également de déterminer la nature de l'acier (haute adhérence, rond lisse, fil ou toron précontraint) et de juger son état de corrosion (sain, oxydé, corrodé, section résiduelle).





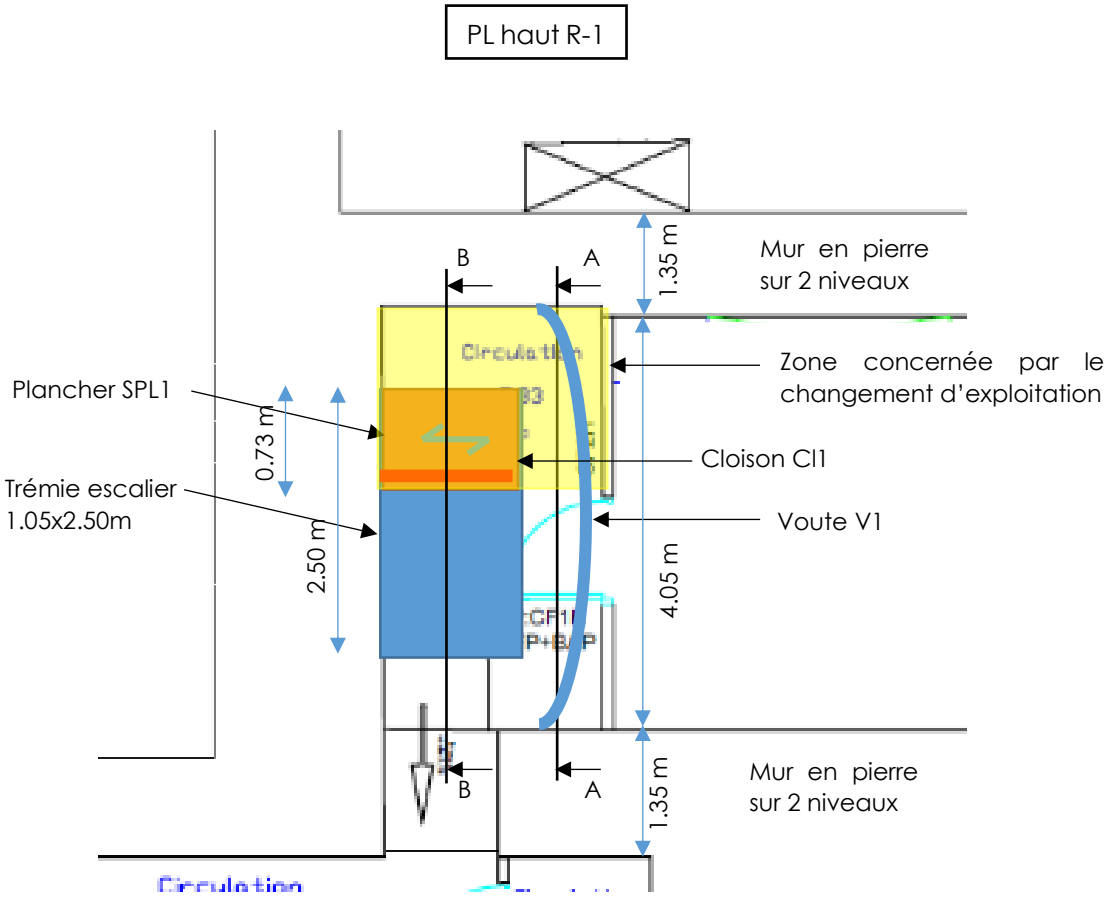




3. RESULTATS DES INVESTIGATIONS

3.1 INPLANTATION DES SONDAGES

Le plan d'implantation des sondages ainsi que le sens de portée des planchers est visible ci-dessous :



Légende :

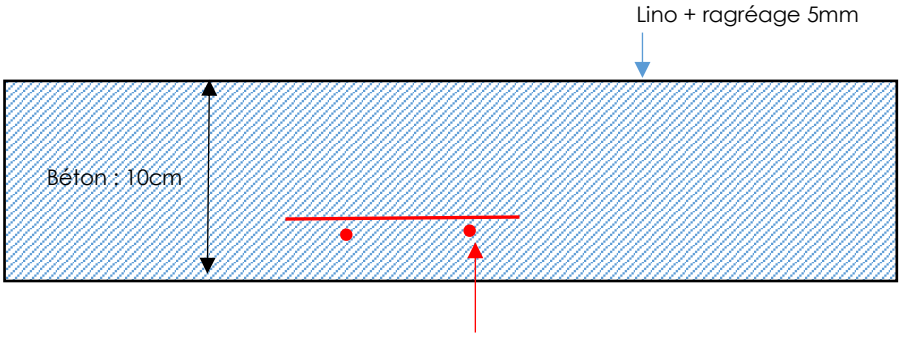
Sens de portée du plancher





3.2 COUPES DES ELEMENTS INVESTIGUES

La coupe du plancher SPL1 est présentée ci-dessous :



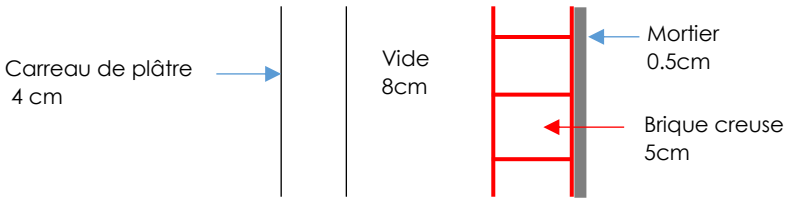
Aciers de flexion à mi travée :
Sens porteur : HA Ø12mm
- Enrobage/sous-face béton 1.3cm
- Espacement moyen 12cm

Sens non porteur : HA Ø14mm
- Enrobage/sous-face béton 3.2cm
- Espacement 25cm

Portée du plancher :



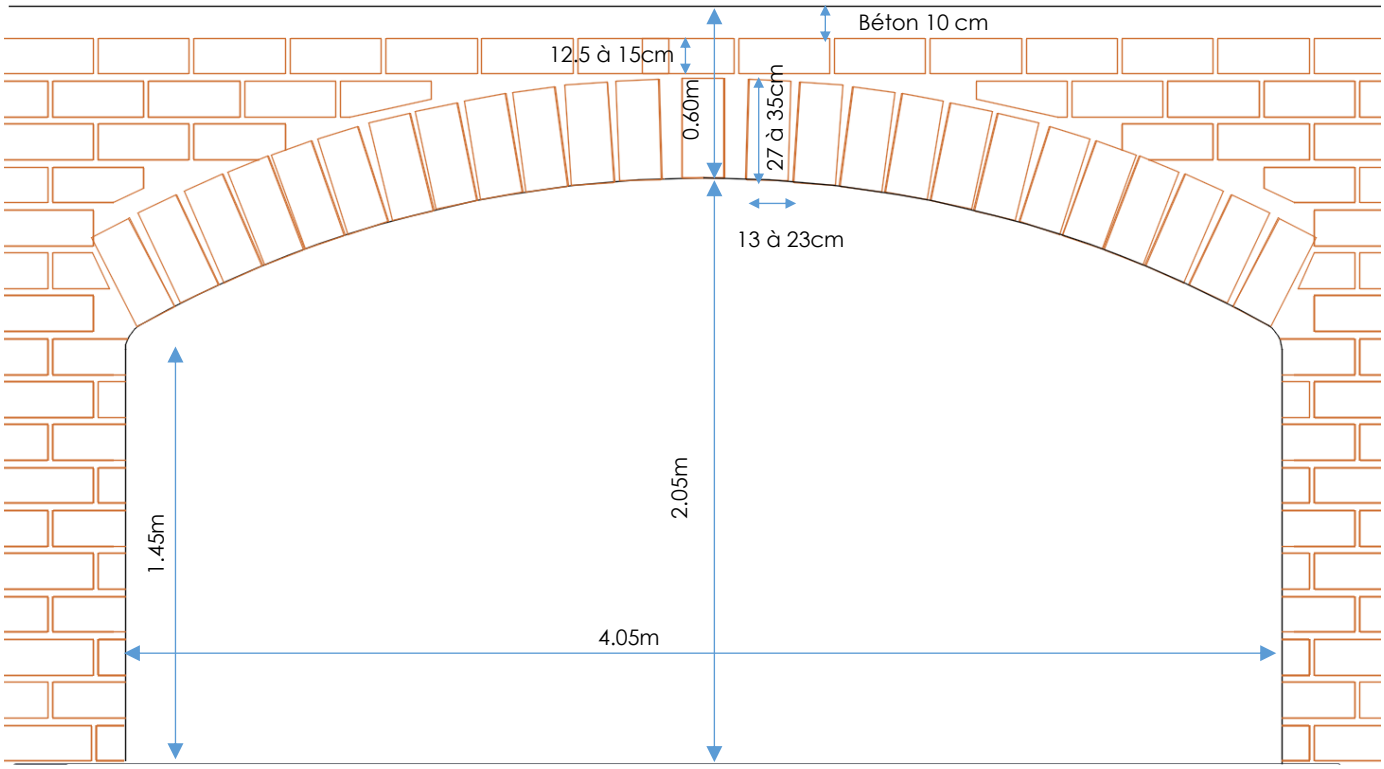
Le plancher SPL1 reprend une cloison (Cl1) de 2.25m de hauteur dont la coupe est visible ci-dessous :



Photo



La coupe A-A de la voute V1 est présentée ci-dessous :



Voute en pierre calcaire. Joint à la chaux de 2 à 5cm d'épaisseur.

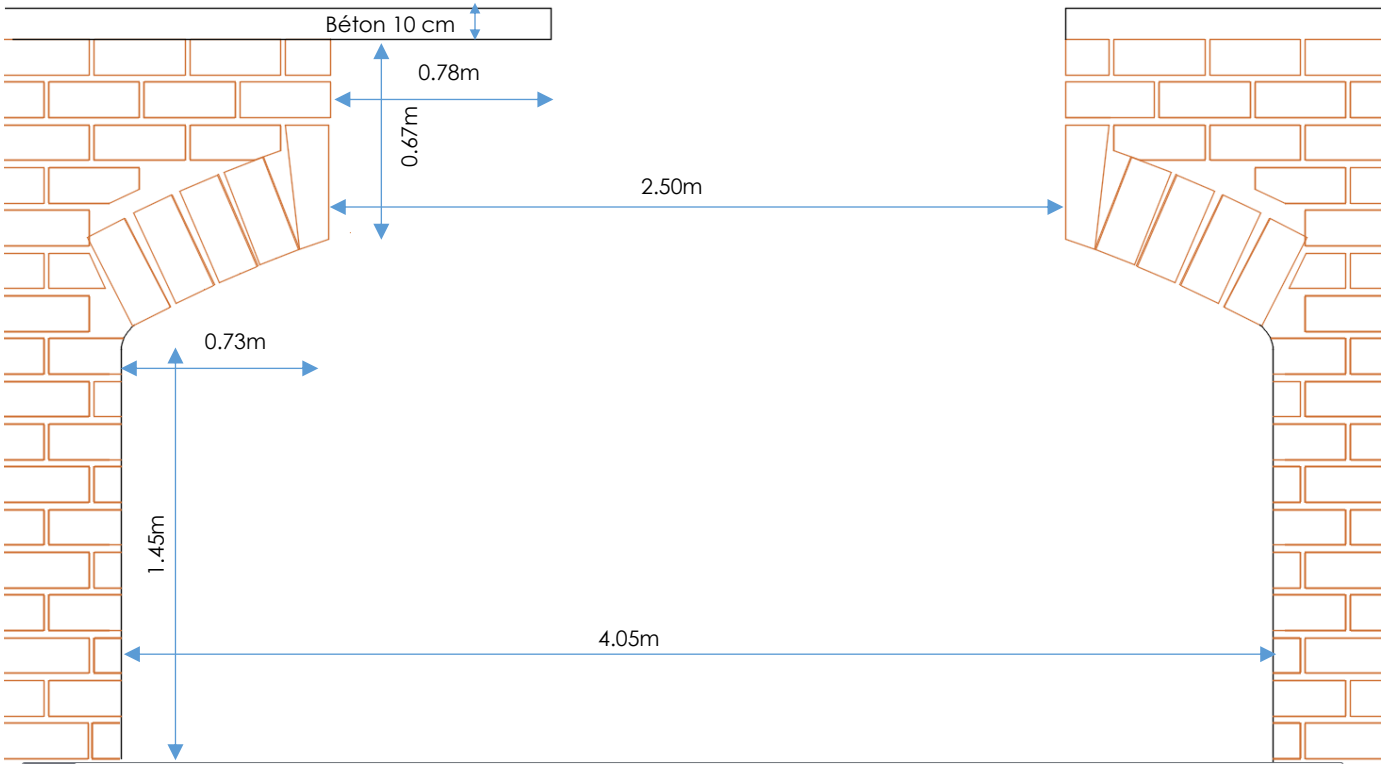
La 1ère pierre de la voute est posée sur champ.

Remplissage de la voute par des pierres calcaire posés à plats ainsi que des blocs.

Photo



La coupe B-B de la voute V1 est présentée ci-dessous :



Voute en pierre calcaire. Joint à la chaux de 2 à 5cm d'épaisseur.

La 1ère pierre de la voute est posée sur champ.

Remplissage de la voute par des pierres calcaire posés à plats ainsi que des blocs.

Photos





3.3 NOTE DE CALCULS

La note de calculs est présentée en annexe A1.

3.3.1 Documents de références

- BAEL
- Eurocode 1
- Eurocode 0 - Annexe A1
- Eurocode 6 : EN 771-6
- NF P 06-004 : charges permanentes et charges d'exploitation dues aux forces de pesanteur

3.3.2 Données et méthodologie

➢ Hypothèses de calculs

Concernant les résistances des matériaux :

- Béton armé : F_{c28}=25MPa
- Acier Haute Adhérence HA : Fe=400MPa
- Pierre calcaire : résistance moyenne à l'écrasement : f_b= 20 MPa
- Mortier : Résistance à la compression : f_m = 2 MPa

Concernant les charges (masses volumiques et surfaciques) :

- Béton armé : ρ=2400daN/m³
- Brique creuse : ρ=900daN/m³
- Plâtre : ρ=1000daN/m³
- Linoléum + ragréage : ρ=8daN/m²
- Pierre calcaire : ρ=2000 kg/m³
- Mortier : ρ=2000 kg/m³

Concernant le sol extérieur :

- Poids volumique : 17 kN/m³
- Coefficient de butée du sol : Kp = 2,5.

Méthodes de calculs :

Pour la voute en pierre calcaire, les calculs ont été effectués par : LE BE associés.
Pour la dalle béton, le calcul a été réalisé par GEOTEC.

➢ Objectif :

L'objectif est de déterminer à froid, en l'état, la capacité portante des éléments concernés et leur capacité à reprendre la charge engendrée par le projet.

Pour nos calculs, nous prendrons les charges permanentes G précitées et nous déterminerons la charge d'exploitation Q admissible en kg/m² dans chacun des cas étudiés.

Rappel projet : zone de stockage : 750 Kg/m².

Etat actuel : bureau : 250 Kg/m²

3.3.3 Conclusions sur les calculs

Les charges d'exploitation admissibles pour chaque élément structurel concerné sont présentées dans les tableaux ci-dessous :

Zone		Vérification	Charge d'exploitation admissible en l'état : bureau : Q=250 kg/m² (en isostatique)	Charge d'exploitation admissible pour le projet : zone de stockage : Q=750kg/m² (en isostatique)
Niveau R-1	**Plancher SPI1**	Moment fléchissant	**Vérifié**	**Vérifié**

Zone		Vérifications	Charge d'exploitation admissible en l'état : bureau : Q=250 kg/m²	Charge d'exploitation admissible pour le projet : zone de stockage : Q=750kg/m²
Niveau R-1	**Voute V1 en pierre calcaire**	Vérification à l'écrasement des maçonneries	**Vérifié**	**Vérifié**
		Vérification de l'absence de mise en traction des maçonneries	**Vérifié**	**Vérifié**

Suite à nos investigations, nous pouvons conclure **que la voute V1 et le plancher SPI1 sont capables de reprendre les charges d'exploitation en l'état (bureau Q=250kg/m²) ainsi que les charges engendrées par le projet (zone de stockage Q=750kg/m²).**

CONDITIONS GÉNÉRALES

1. **Avertissement, préambule**
Toute commande et ses avenants éventuels impliquent de la part du cocontractant, ci-après dénommé « le Client », signataire du contrat et des avenants, acceptation sans réserve des présentes conditions générales.
Les présentes conditions générales prévalent sur toutes autres, sauf conditions particulières contenues dans le devis ou dérogation formelle et explicite.
Toute modification de la commande ne peut être considérée comme acceptée qu'après accord écrit du Prestataire.

2. **Déclarations obligatoires à la charge du Client, (DT, DICT, ouvrages exécutés)**
Dans tous les cas, la responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en cas de dommages à des ouvrages publics ou privés (en particulier, ouvrages enterrés et canalisations) dont la présence et l'emplacement précis ne lui auraient pas été signalés par écrit préalablement à sa mission.
Conformément au décret n° 2011-1241 du 5 octobre 2011 relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution, le Client doit fournir, à sa charge et sous sa responsabilité, l'implantation des réseaux privés, la liste et l'adresse des exploitants des réseaux publics à proximité des travaux, les plans, informations et résultats des investigations complémentaires consécutifs à sa Déclaration de projet de Travaux (DT). Ces informations sont indispensables pour permettre les éventuelles DICT (le délai de réponse est de 15 jours) et pour connaitre l'environnement du projet. En cas d'incertitude ou de complexité pour la localisation des réseaux sur domaine public, il pourra être nécessaire de faire réaliser, à la charge du Client, des fouilles manuelles pour les repérer. Les conséquences et la responsabilité de toute détérioration de ces réseaux par suite d'une mauvaise communication sont à la charge exclusive du Client.
Conformément à l'art L 411-1 du code minier, le Client s'engage à déclarer à la DREAL tout forage réalisé de plus de 10 m de profondeur. De même, conformément à l'article R 214-1 du code de l'environnement, le Client s'engage à déclarer auprès de la DDT du lieu des travaux les sondages et forages destinés à la recherche, à la surveillance ou au prélèvement d'eaux souterraines (piézomètres notamment).

3. **Cadre de la mission, objet et nature des prestations, prestations exclues, limites de la mission**
Le terme « prestation » désigne exclusivement les prestations énumérées dans le devis du Prestataire. Toute prestation différente de celles prévues fera l'objet d'un prix nouveau à négocier. Il est entendu que le Prestataire s'engage à procéder selon les moyens actuels de son art, à des recherches consciencieuses et à fournir les indications qu'on peut en attendre. Son obligation est une obligation de moyen et non de résultat au sens de la jurisprudence actuelle des tribunaux. Le Prestataire réalise la mission dans les strictes limites de sa définition donnée dans son offre (validité limitée à trois mois à compter de la date de son établissement), confirmée par le bon de commande ou un contrat signé du Client.
La mission et les investigations éventuelles sont strictement géotechniques et n'abordent pas le contexte environnemental. Seule une étude environnementale spécifique comprenant des investigations adaptées permettra de détecter une éventuelle contamination des sols et/ou des eaux souterraines.
Le Prestataire n'est solidaire d'aucun autre intervenant sauf si la solidarité est explicitement convenue dans le devis ; dans ce cas, la solidarité ne s'exerce que sur la durée de la mission.
Par référence à la norme NF P 94-500, il appartient au maître d'ouvrage, au maître d'œuvre ou à toute entreprise de faire réaliser impérativement par des ingénieries compétentes chacune des missions géotechniques (successivement G1, G2, G3 et G4 et les investigations associées) pour suivre toutes les étapes d'élaboration et d'exécution du projet. Si la mission d'investigations est commandée seule, elle est limitée à l'exécution matérielle de sondages et à l'établissement d'un compte rendu factuel sans interprétation et elle exclut toute activité d'étude ou de conseil. La mission de diagnostic géotechnique G5 engage le géotechnicien uniquement dans le cadre strict des objectifs ponctuels fixés et acceptés.
Si le Prestataire déclare être titulaire de la certification ISO 9001, le Client agit de telle sorte que le Prestataire puisse respecter les dispositions de son système qualité dans la réalisation de sa mission.

4. **Plans et documents contractuels**
Le Prestataire réalise la mission conformément à la réglementation en vigueur lors de son offre, sur la base des données communiquées par le Client. Le Client est seul responsable de l'exactitude de ces données. En cas d'absence de transmission ou d'erreur sur ces données, le Prestataire est exonéré de toute responsabilité.

5. **Limites d'engagement sur les délais**
Sauf indication contraire précise, les estimations de délais d'intervention et d'exécution données aux termes du devis ne sauraient engager le Prestataire.
Sauf stipulation contraire, il ne sera pas appliqué de pénalités de retard et si tel devait être le cas elles seraient plafonnées à 5% de la commande. En toute hypothèse, la responsabilité du Prestataire est dégagée de plein droit en cas d'insuffisance des informations fournies par le Client ou si le Client n'a pas respecté ses obligations, en cas de force majeure ou d'événements imprévisibles (notamment la rencontre de sols inattendus, la survenance de circonstances naturelles exceptionnelles) et de manière générale en cas d'événement extérieur au Prestataire modifiant les conditions d'exécution des prestations objet de la commande ou les rendant impossibles.
Le Prestataire n'est pas responsable des délais de fabrication ou d'approvisionnement de fournitures lorsqu'elles font l'objet d'un contrat de négoce passé par le Client ou le Prestataire avec un autre Prestataire.

6. **Formalités, autorisations et obligations d'information, accès, dégâts aux ouvrages et cultures**
Toutes les démarches et formalités administratives ou autres, en particulier l'obtention de l'autorisation de pénétrer sur les lieux pour effectuer des prestations de la mission sont à la charge du Client. Le Client se charge d'une part d'obtenir et communiquer les autorisations requises pour l'accès du personnel et des matériels nécessaires au Prestataire en toute sécurité dans l'enceinte des propriétés privées ou sur le domaine public, d'autre part de fournir tous les documents relatifs aux dangers et aux risques cachés, notamment ceux liés aux réseaux, aux obstacles enterrés et à la pollution des sols et des nappes. Le Client s'engage à communiquer les règles pratiques que les intervenants doivent respecter en matière de santé, sécurité et respect de l'environnement : il assure en tant que de besoin la formation du personnel, notamment celui du Prestataire, entrant dans ces domaines, préalablement à l'exécution de la mission. Le Client sera tenu responsable de tout dommage corporel, matériel ou immatériel dû à une spécificité du site connue de lui et non clairement indiquée au Prestataire avant toutes interventions.
Sauf spécifications particulières, les travaux permettant l'accessibilité aux points de sondages ou d'essais et l'aménagement des plates-formes ou grutage nécessaires aux matériels utilisés sont à la charge du Client.
Les investigations peuvent entraîner d'inévitables dommages sur le site, en particulier sur la végétation, les cultures et les ouvrages existants, sans qu'il y ait négligence ou faute de la part de son exécutant. Les remises en état, réparations ou indemnisations correspondantes sont à la charge du Client.

7. **Implantation, nivellement des sondages**
Au cas où l'implantation des sondages est imposée par le Client ou son conseil, le Prestataire est exonéré de toute responsabilité dans les événements consécutifs à ladite implantation. La mission ne comprend pas les implantations topographiques permettant de définir l'emprise des ouvrages et zones à étudier ni la mesure des coordonnées précises des points de sondages ou d'essais. Les éventuelles altitudes indiquées pour chaque sondage (qu'il s'agisse de cotes de références rattachées à un repère arbitraire ou de cotes NGF) ne sont données qu'à titre indicatif. Seules font foi les profondeurs mesurées depuis le sommet des sondages et comptées à partir du niveau du sol au moment de la réalisation des essais. Pour que ces altitudes soient garanties, il convient qu'elles soient relevées par un Géomètre Expert avant remodelage du terrain. Il en va de même pour l'implantation des sondages sur le terrain.

8. **Hydrogéologie**
Les niveaux d'eau indiqués dans le rapport correspondent uniquement aux niveaux relevés au droit des sondages exécutés et à un moment précis. En dépit de la qualité de l'étude les aléas suivants subsistent, notamment la variation des niveaux d'eau en relation avec la météo ou une modification de l'environnement des études. Seule une étude hydrogéologique spécifique permet de déterminer les amplitudes de variation de ces niveaux, les cotes de crue et les PHEC (Plus Hautes Eaux Connues).

9. **Recommandations, aléas, écart entre prévision de l'étude et réalité en cours de travaux**
Si, en l'absence de plans précis des ouvrages projetés, le Prestataire a été amené à faire une ou des hypothèses sur le projet, il appartient au Client de lui communiquer par écrit ses observations éventuelles sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour quelque raison que ce soit lui être reproché d'avoir établi son étude dans ces conditions.
L'étude géotechnique s'appuie sur les renseignements reçus concernant le projet, sur un nombre limité de sondages et d'essais, et sur des profondeurs d'investigations limitées qui ne permettent pas de lever toutes les incertitudes inéluctables à cette science naturelle. En dépit de la qualité de l'étude, des incertitudes subsistent du fait notamment du caractère ponctuel des investigations, de la variation d'épaisseur des remblais et/ou des différentes couches, de la présence de vestiges enterrés. Les conclusions géotechniques ne peuvent donc conduire à traiter à forfait le prix des fondations compte tenu d'une hétérogénéité, naturelle ou du fait de l'homme, toujours possible et des aléas d'exécution pouvant survenir lors de la découverte des terrains. Si un caractère évolutif particulier a été mis en lumière (notamment glissement, érosion, dissolution, remblais évolutifs, tourbe), l'application des recommandations du rapport nécessite une actualisation à chaque étape du projet notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant l'étape suivante.
L'estimation des quantités des ouvrages géotechniques nécessite, une mission d'étude géotechnique de conception G2 (phase projet). Les éléments géotechniques non décelés par l'étude et mis en évidence lors de l'exécution (pouvant avoir une incidence sur les conclusions du rapport) et les incidents importants survenus au cours des travaux (notamment glissement, dommages aux avoisinants ou aux existants) doivent obligatoirement être portés à la connaissance du Prestataire ou signalés aux géotechniciens chargés des missions de suivi géotechnique d'exécution G3 et de supervision géotechnique d'exécution G4, afin que les conséquences sur la conception géotechnique et les conditions d'exécution soient analysées par un homme de l'art.

10. **Rapport de mission, réception des travaux, fin de mission, délais de validation des documents par le client**
A défaut de clauses spécifiques contractuelles, la remise du dernier document à fournir dans le cadre de la mission fixe le terme de la mission. La date de la fin de mission est celle de l'approbation par le Client du dernier document à fournir dans le cadre de la mission. L'approbation doit intervenir au plus tard deux semaines après sa remise au Client, et est considérée implicite en cas de silence. La fin de la mission donne lieu au paiement du solde de la mission.

11. **Réserve de propriété, confidentialité, propriété des études, diagrammes**
Les coupes de sondages, plans et documents établis par les soins du Prestataire dans le cadre de sa mission ne peuvent être utilisés, publiés ou reproduits par des tiers sans son autorisation. Le Client ne devient propriétaire des prestations réalisées par le Prestataire qu'après règlement intégral des sommes dues. Le Client ne peut pas les utiliser pour d'autres ouvrages sans accord écrit préalable du Prestataire. Le Client s'engage à maintenir confidentielle et à ne pas utiliser pour son propre compte ou celui de tiers toute information se rapportant au savoir-faire du Prestataire, qu'il soit breveté ou non, portée à sa connaissance au cours de la mission et qui n'est pas dans le domaine public, sauf accord préalable écrit du Prestataire. Si dans le cadre de sa mission, le Prestataire mettait au point une nouvelle technique, celle-ci serait sa propriété. Le Prestataire serait libre de déposer tout brevet s'y rapportant, le Client bénéficiant, dans ce cas, d'une licence non exclusive et non cessible, à titre gratuit et pour le seul ouvrage étudié.

12. **Modifications du contenu de la mission en cours de réalisation**
La nature des prestations et des moyens à mettre en œuvre, les prévisions des avancements et délais, ainsi que les prix sont déterminés en fonction des éléments communiqués par le client et ceux recueillis lors de l'établissement de l'offre. Des conditions imprévisibles par le Prestataire au moment de l'établissement de son offre touchant à la géologie, aux hypothèses de travail, au projet et à son environnement, à la législation et aux règlements, à des événements imprévus, survenant en cours de mission autorisent le Prestataire à proposer au Client un avenant avec notamment modification des prix et des délais. A défaut d'un accord écrit du Client dans un délai de deux semaines à compter de la réception de la lettre d'adaptation de la mission. Le Prestataire est en droit de suspendre immédiatement l'exécution de sa mission, les prestations réalisées à cette date étant rémunérées intégralement, et sans que le Client ne puisse faire état d'un préjudice. Dans l'hypothèse où le Prestataire est dans l'impossibilité de réaliser les prestations prévues pour une cause qui ne lui est pas imputable, le temps d'immobilisation de ses équipes est rémunéré par le client.

13. **Modifications du projet après fin de mission, délai de validité du rapport**
Le rapport constitue une synthèse de la mission définie par la commande. Le rapport et ses annexes forment un ensemble indissociable. Toute interprétation, reproduction partielle ou utilisation par un autre maître de l'ouvrage, un autre constructeur ou maître d'œuvre, ou pour un projet différent de celui objet de la mission, ne saurait engager la responsabilité du Prestataire et pourra entraîner des poursuites judiciaires. La responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission objet du rapport. Toute modification apportée au projet et à son environnement ou tout élément nouveau mis à jour au cours des travaux et non détecté lors de la mission d'origine, nécessite une adaptation du rapport initial dans le cadre d'une nouvelle mission.
Le client doit faire actualiser le dernier rapport de mission en cas d'ouverture du chantier plus de 1 an après sa livraison. Il en est de même notamment en cas de travaux de terrassements, de démolition ou de réhabilitation du site (à la suite d'une contamination des terrains et/ou de la nappe) modifiant entre autres les qualités mécaniques, les dispositions constructives et/ou la répartition de tout ou partie des sols sur les emprises concernées par l'étude géotechnique.

14. **Conditions d'établissement des prix, variation dans les prix, conditions de paiement, acompte et provision, retenue de garantie**
Les prix unitaires s'entendent hors taxes. Ils sont majorés de la T.V.A. au taux en vigueur le jour de la facturation. Ils sont établis aux conditions économiques en vigueur à la date d'établissement de l'offre. Ils sont fermes et définitifs pour une durée de trois mois. Au-delà, ils sont actualisés par application de l'indice "Sondages et Forages TP 04" pour les investigations in situ et en laboratoire, et par application de l'indice « SYNTEC » pour les prestations d'études, l'Indice de base étant celui du mois de l'établissement du devis.
Aucune retenue de garantie n'est appliquée sur le coût de la mission.
Dans le cas où le marché nécessite une intervention d'une durée supérieure à un mois, des factures mensuelles intermédiaires sont établies. Lors de la passation de la commande ou de la signature du contrat, le Prestataire peut exiger un acompte dont le montant est défini dans les conditions particulières et correspond à un pourcentage du total estimé des honoraires et frais correspondants à l'exécution du contrat. Le montant de cet acompte est déduit de la facture ou du décompte final. En cas de sous-traitance dans le cadre d'un ouvrage public, les factures du Prestataire sont réglées directement et intégralement par le maître d'ouvrage, conformément à la loi n°75-1334 du 31/12/1975.
Les paiements interviennent à réception de la facture et sans escompte. En l'absence de paiement au plus tard le jour suivant la date de règlement figurant sur la facture, il sera appliqué à compter dudit jour et de plein droit, un intérêt de retard égal au taux d'intérêt appliqué par la Banque Centrale Européenne à son opération de refinancement la plus récente majorée de 10 points de pourcentage. Cette pénalité de retard sera exigible sans qu'un rappel soit nécessaire à compter du jour suivant la date de règlement figurant sur la facture.
En sus de ces pénalités de retard, le Client sera redevable de plein droit des frais de recouvrement exposés ou d'une indemnité forfaitaire de 40 €.
Un désaccord quelconque ne saurait constituer un motif de non-paiement des prestations de la mission réalisées antérieurement. La compensation est formellement exclue : le Client s'interdit de déduire le montant des préjudices qu'il allègue des honoraires dus.

15. Résiliation anticipée

Toute procédure de résiliation est obligatoirement précédée d'une tentative de conciliation. En cas de force majeure, cas fortuit ou de circonstances indépendantes du Prestataire, celui-ci a la faculté de résilier son contrat sous réserve d'en informer son Client par lettre recommandée avec accusé de réception. En toute hypothèse, en cas d'inexécution par l'une ou l'autre des parties de ses obligations, et 8 jours après la mise en demeure visant la présente clause résolutoire demeurée sans effet, le contrat peut être résilié de plein droit. La résiliation du contrat implique le paiement de l'ensemble des prestations régulièrement exécutées par le Prestataire au jour de la résiliation et en sus, d'une indemnité égale à 20 % des honoraires qui resteraient à percevoir si la mission avait été menée jusqu'à son terme.

16. Répartition des risques, responsabilités et assurances

Le Prestataire n'est pas tenu d'avertir son Client sur les risques encourus déjà connus ou ne pouvant être ignorés du Client compte tenu de sa compétence. Ainsi par exemple, l'attention du Client est attirée sur le fait que le béton armé est inévitablement fissuré, les revêtements appliqués sur ce matériau devant avoir une souplesse suffisante pour s'adapter sans dommage aux variations d'ouverture des fissures. Le devoir de conseil du Prestataire vis-à-vis du Client ne s'exerce que dans les domaines de compétence requis pour l'exécution de la mission spécifiquement confiée. Tout élément nouveau connu du Client après la fin de la mission doit être communiqué au Prestataire qui pourra, le cas échéant, proposer la réalisation d'une mission complémentaire. A défaut de communication des éléments nouveaux ou d'acceptation de la mission complémentaire, le Client en assumera toutes les conséquences. En aucun cas, le Prestataire ne sera tenu pour responsable des conséquences d'un non-respect de ses préconisations ou d'une modification de celles-ci par le Client pour quelque raison que ce soit. L'attention du Client est attirée sur le fait que toute estimation de quantités faite à partir de données obtenues par prélèvements ou essais ponctuels sur le site objet des prestations est entachée d'une incertitude fonction de la représentativité de ces données ponctuelles extrapolées à l'ensemble du site. Toutes les pénalités et indemnités qui sont prévues au contrat ou dans l'offre remise par le Prestataire ont la nature de dommages et intérêts forfaitaires, libératoires et exclusifs de toute autre sanction ou indemnisation.

Assurance décennale obligatoire

Le Prestataire bénéficie d'un contrat d'assurance au titre de la responsabilité décennale afférente aux ouvrages soumis à obligation d'assurance, conformément à l'article L.241-1 du Code des assurances. Conformément aux usages et aux capacités du marché de l'assurance et de la réassurance, le contrat impose une obligation de déclaration préalable et d'adaptation de la garantie pour les ouvrages dont la valeur HT (travaux et honoraires compris) excède au jour de la déclaration d'ouverture de chantier un montant de 15 M€. Il est expressément convenu que le client a l'obligation d'informer le Prestataire d'un éventuel dépassement de ce seuil, et accepte, de fournir tous éléments d'information nécessaires à l'adaptation de la garantie. Le client prend également l'engagement, de souscrire à ses frais un Contrat Collectif de Responsabilité Décennale (CCRD), contrat dans lequel le Prestataire sera expressément mentionné parmi les bénéficiaires. Par ailleurs, les ouvrages de caractère exceptionnel, voir inusuels sont exclus du présent contrat et doivent faire l'objet d'une cotation particulière. Le prix fixé dans l'offre ayant été déterminé en fonction de conditions normales d'assurabilité de la mission, il sera réajusté, et le client s'engage à l'accepter, en cas d'éventuelle sur-cotisation qui serait demandée au Prestataire par rapport aux conditions de base de son contrat d'assurance. A défaut de respecter ces engagements, le client en supportera les conséquences financières (notamment en cas de défaut de garantie du Prestataire, qui n'aurait pu s'assurer dans de bonnes conditions, faute d'informations suffisantes). Le maitre d'ouvrage est tenu d'informer le Prestataire de la DOC (déclaration d'ouverture de chantier).

Ouvrages non soumis à l'obligation d'assurance

Les ouvrages dont la valeur HT (travaux et honoraires compris) excède un montant de 15 M€ HT doivent faire l'objet d'une déclaration auprès du Prestataire qui en réfèrera à son assureur pour détermination des conditions d'assurance. Les limitations relatives au montant des chantiers auxquels le Prestataire participe ne sont pas applicables aux missions portant sur des ouvrages d'infrastructure linéaire, c'est-à-dire routes, voies ferrées, tramway, etc. En revanche, elles demeurent applicables lorsque sur le tracé linéaire, la/les mission(s) de l'assuré porte(nt) sur des ouvrages précis tels que ponts, viaducs, échangeurs, tunnels, tranchées couvertes... En tout état de cause, il appartiendra au client de prendre en charge toute éventuelle sur cotisation qui serait demandée au prestataire par rapport aux conditions de base de son contrat d'assurance. Toutes les conséquences financières d'une déclaration insuffisante quant au coût de l'ouvrage seront supportées par le client et le maître d'ouvrage.

Le Prestataire assume les responsabilités qu'il engage par l'exécution de sa mission telle que décrite au présent contrat. A ce titre, il est responsable de ses prestations dont la défectuosité lui est imputable. Le Prestataire sera garanti en totalité par le Client contre les conséquences de toute recherche en responsabilité dont il serait l'objet du fait de ses prestations, de la part de tiers au présent contrat, le client ne garantissant cependant le Prestataire qu'au-delà du montant de responsabilité visé ci-dessous pour le cas des prestations défectueuses. La responsabilité globale et cumulée du Prestataire au titre ou à l'occasion de l'exécution du contrat sera limitée à trois fois le montant de ses honoraires sans pour autant excéder les garanties délivrées par son assureur, et ce pour les dommages de quelque nature que ce soit et quel qu'en soit le fondement juridique. Il est expressément convenu que le Prestataire ne sera pas responsable des dommages immatériels consécutifs ou non à un dommage matériel tels que, notamment, la perte d'exploitation, la perte de production, le manque à gagner, la perte de profit, la perte de contrat, la perte d'image, l'immobilisation de personnel ou d'équipements.

17. Cessibilité de contrat

Le Client reste redevable du paiement de la facture sans pouvoir opposer à quelque titre que ce soit la cession du contrat, la réalisation pour le compte d'autrui, l'existence d'une promesse de porte-fort ou encore l'existence d'une stipulation pour autrui.

18. Litiges

En cas de litige pouvant survenir dans l'application du contrat, seul le droit français est applicable. Seules les juridictions du ressort du siège social du Prestataire sont compétentes, même en cas de demande incidente ou d'appel en garantie ou de pluralité de défendeurs.

ANNEXES

Annexe 1 – Note de calculs

Vérification structurelle d'une dalle béton articulée sur 2/4 appuis [isostatique] - v1.0

N°affaire : 2024/06349/TOULS
Zone : SPL1 - etat actuel

Données et hypothèses

Géométrie élément étudié

Epaisseur de la dalle =	0,100	m
Portée 1 (petite) en m =	1,050	m
Portée 2 (grande) en m =	50,000	m

Modèle mécanique

Dalle isostatique appuyée sur : d 2 côtés
(2 ou 4 côtés)

Matériau

Béton Fc28 :	25	Mpa
Béton Ft28 :	2,10	Mpa
Acier longitudinaux (1) :	400	Mpa
Acier longitudinaux (2) :		Mpa
Masse volumique béton :	2400	daN/m^3

Données

Enr moy des aciers (1) :	1,9	cm
Enr moy des aciers (2) :		cm
Section acier (1) :	9,42	cm²/ml
Section acier (2) :		cm²/ml

Chargements

Charges d'exploitation [Q] :	250		daN/m²
Total =		250	daN/m²
Charges permanentes [G] :			
Poids propre dalle =	240,0		daN/m²
	Ep. (m)	Masse	
Mortier =		0,00	daN/m²
Revêtement sup. =	8daN/m²	8,00	daN/m²
Cloisons =	293daN/m²	292,81	daN/m²
FP + réseaux =		0,00	daN/m²
Autre =		0,00	daN/m²
Total =		541	daN/m²

Résultats

M0 ELS	1,1	kN.ml
M0 ELU	1,5	kN.ml

μ_x =	0,125	
μy =	0,000	
MxELU =	1,5	kN.ml
MyELU =	0,0	kN.ml

Vérifications

1- Flexion simple (ELU) :

Moment résistant - ELU1=	22,8	kN.m	Taux =	7%
				OK
Moment résistant - ELU2=	Pas de calcul - Dalle sur deux appuis	kN.m	Taux =	-
				KO

Vérification structurelle d'une dalle béton articulée sur 2/4 appuis [isostatique] - v1.0

N°affaire : 2024/06349/TOULS
Zone : SPL1 - projet

Données et hypothèses

Géométrie élément étudié

Epaisseur de la dalle =	0,100	m
Portée 1 (petite) en m =	1,050	m
Portée 2 (grande) en m =	50,000	m

Modèle mécanique

Dalle isostatique appuyée sur : d 2 côtés
(2 ou 4 côtés)

Matériau

Béton Fc28 :	25	Mpa
Béton Ft28 :	2,10	Mpa
Acier longitudinaux (1) :	400	Mpa
Acier longitudinaux (2) :		Mpa
Masse volumique béton :	2400	daN/m^3

Données

Enr moy des aciers (1) :	1,9	cm
Enr moy des aciers (2) :		cm
Section acier (1) :	9,42	cm²/ml
Section acier (2) :		cm²/ml

Chargements

Charges d'exploitation [Q] :		750		daN/m²
Total =			750	daN/m²
Charges permanentes [G] :				
Poids propre dalle =		240,0		daN/m²
	Ep. (m)	Masse		
Mortier =			0,00	daN/m²
Revêtement sup. =		8daN/m²	8,00	daN/m²
Cloisons =		293daN/m²	292,81	daN/m²
FP + réseaux =			0,00	daN/m²
Autre =			0,00	daN/m²
Total =			541	daN/m²

Résultats

M0 ELS	1,8	kN.ml
M0 ELU	2,6	kN.ml
μ_x =	0,125	
μy =	0,000	
MxELU =	2,6	kN.ml
MyELU =	0,0	kN.ml

Vérifications

1- Flexion simple (ELU) :

Moment résistant - ELU1=	22,8	kN.m	Taux =	11%
				OK
Moment résistant - ELU2=	Pas de calcul - Dalle sur deux appuis	kN.m	Taux =	-
				KO

Le BE associés

24 rue Laure Diebold
69009 Lyon
Tél. : 04 72 56 51 61
E-mail : contact@lebeassocies.fr

Référence du dossier :

Aff. 24-91

Adresse du dossier :

31800 Saint-Gaudens

Palais de Justice

Objet :

Diagnostic de la capacité portante de la voûte V1

Indice :

Indice 0

Entreprise

Géotec

8 avenue Hermès
ZA de Montredon
31240 L'UNION

Rédigé par Victor Havelange,
Vérifié par Eric Merlin,
en date du 22/10/2024.

SOMMAIRE

I. OBJET DE L'ETUDE 3
II. PRESENTATION DE L'EDIFICE ET DE LA VOUTE A DIAGNOSTIQUER 3
A. Le palais de justice de Saint-Gaudens 3
B. Description de la voûte V1 3
III. HYPOTHESES DE CALCULS 5
A. Matériaux 5
B. Charges d'exploitation 5
C. Géométrie de la voûte 6
D. Force de butée 6
E. Combinaison de charges 6
IV. MISE AU CALCUL 7
A. Etat existant 7
B. Etat projeté 9
V. CONCLUSION 10

I. OBJET DE L'ETUDE

Ce rapport a pour objet l'étude de la capacité portante d'une voûte située en sous-sol du palais de justice de Saint-Gaudens. Cette étude rentre dans le cadre d'une mission de diagnostic structurel réalisé par l'entreprise Géotec.

Notre étude se base sur les éléments suivants :

- Le rapport de diagnostic structurel du bâtiment établi par l'entreprise Géotec.
- Les plans en coupe de la voûte étudiée en format DWG établis par Géotec.
- Les plans du RDC et du Sous-sol du palais de justice établis par GEA.

II. PRESENTATION DE L'EDIFICE ET DE LA VOUTE A DIAGNOSTIQUER

A. LE PALAIS DE JUSTICE DE SAINT-GAUDENS

Le palais de justice de Saint-Gaudens est situé en Haute-Garonne (31). Ce bâtiment a été construit au début du XIXème siècle.



Figure 1 - Localisation du Palais de Justice

B. DESCRIPTION DE LA VOUTE V1

La voûte V1 est située en sous-sol du palais de justice. Il s'agit d'une voûte surbaissée d'une portée de 4,05m. Elle est constituée de maçonneries de moellons calcaires hourdés au mortier de chaux. Les plans et la coupe suivants décrivent les dispositions constructives des ouvrages.

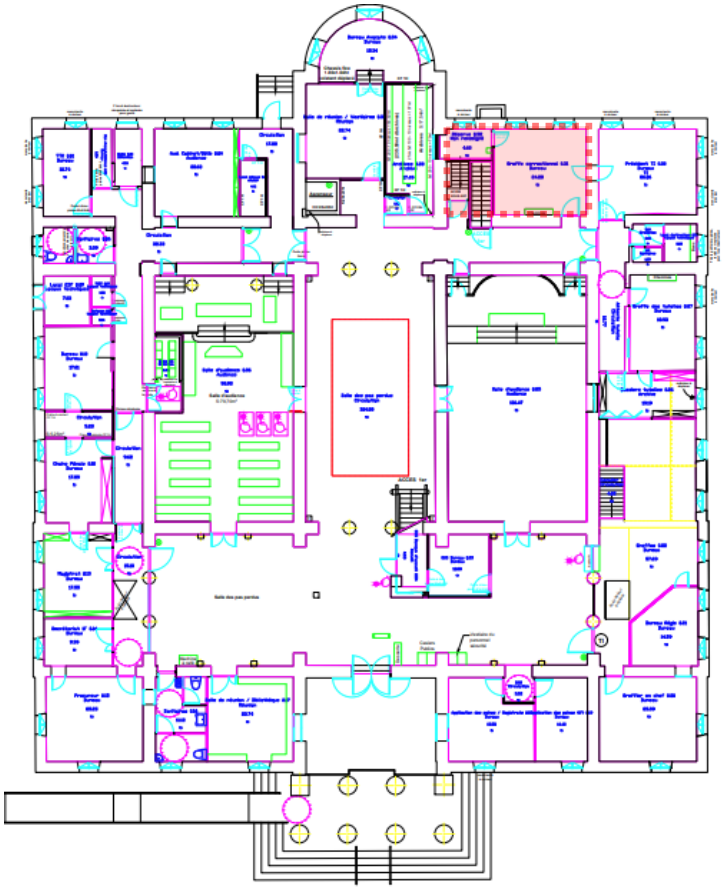


Figure 2 : Localisation de la voûte V1, Plan du RDC du Palais de Justice Source : Plan établi par GEA

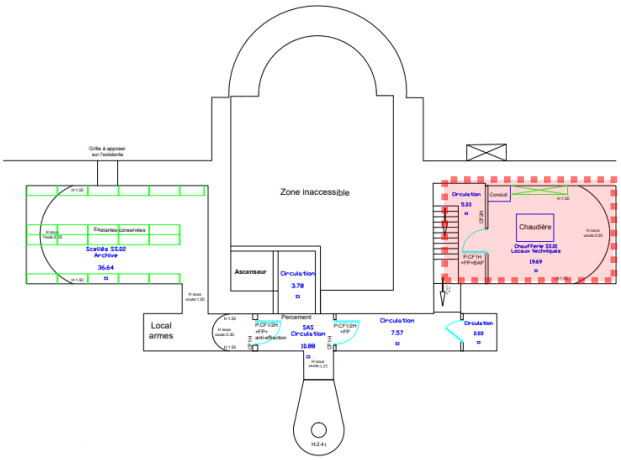


Figure 3 - Localisation de la voûte V1, Plan du Sous-Sol du Palais de Justice Source : Plan établi par GEA

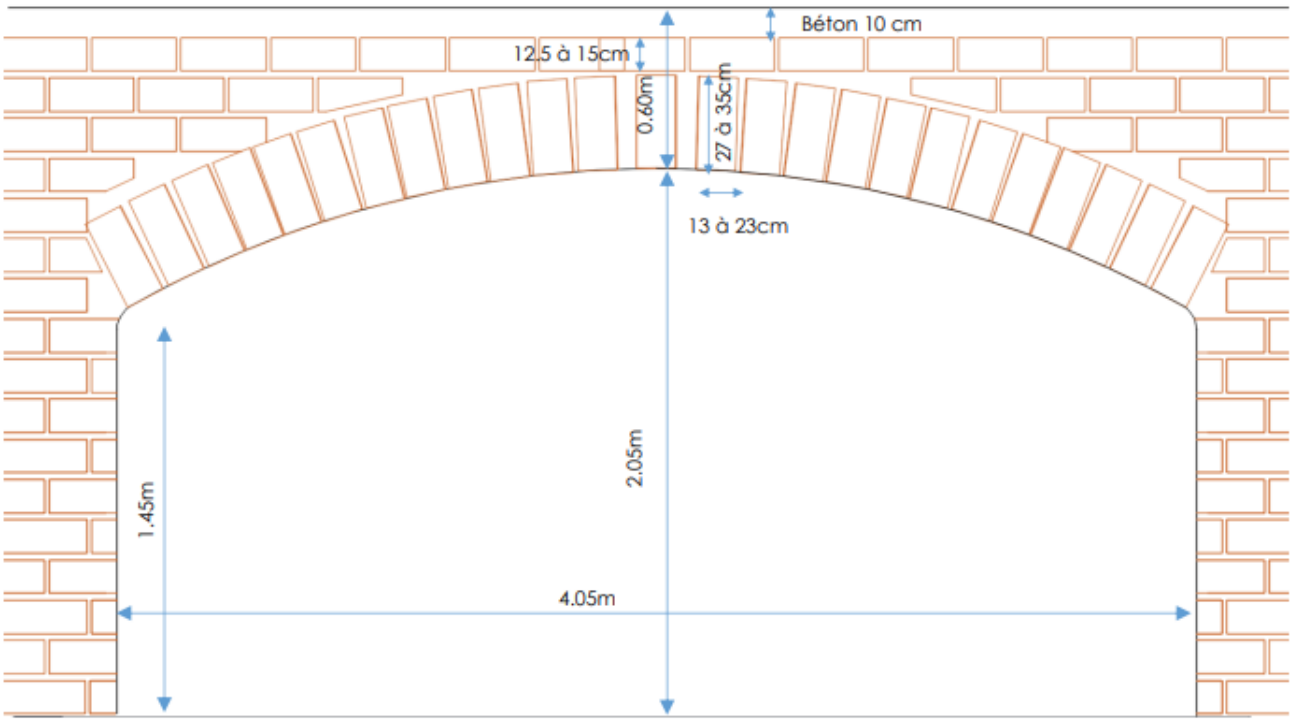


Figure 4 : Plans en élévation de la voûte V1
Source : Rapport de diagnostic de Géotec

III. HYPOTHESES DE CALCULS

A. MATERIAUX

- Maçonnerie : Pierre calcaire

En l'absence d'informations particulières sur les pierres calcaires en présence, nous retenons de manière conservative une masse volumique de 2000 kg/m³ et une résistance moyenne à l'écrasement de 20 MPa.

Nous en déduisons les résistances de calculs suivantes :

MATERIAUX et CONDITION D'EXPOSITION				
Elément de maçonnerie				
Type	Elément prétaillés en PIERRE NATURELLE conformément à l'EN 771-6			
Groupe	1	*Catégorie*	I	
Résistance normalisée moyenne à la compression f_b =		20	MPa	
Mortier				
Type	d'usage courant			
Résistance à la compression f_m =		2	MPa	
Masse volumique ρ =		2000	kg/m³	
Condition d'exposition	MX1- dans un environnement sec			
RESISTANCES CARACTERISTIQUES DE LA MACONNERIE				
à la compression	$f_k = K f_b^{\alpha} f_m^{\beta}$ =	3,6	MPa	
avec la constante K = 0,36	α = 0,7	β = 0,3		
à la flexion	f_{xk1} =	0,05	MPa	(parallèle au lit de pose)
	f_{xk2} =	0,2	MPa	(perpediculaire au lit de pose)
au cisaillement				
contrainte de compression au niveau considéré σ_d =		0,27	MPa	
résistance caractéristique initiale f_{vk0} =		0,10	MPa	
Joints verticaux	remplis			
f_{vk} = 1 f_{vk0} + 0,4 σ_d =		0,208	MPa	
PROPRIETE DE DEFORMATION DE LA MACONNERIE				
Module d'élasticité	$E = 1000 f_k$ =	3609	N/mm²	(sécant à court terme)
Coefficient de fluage ultime ϕ_∞ =		1,0		(recommandé de)
$E_{long\ term} = E / (1 + \phi_\infty)$ =		1804	N/mm²	
Module de cisaillement	$G = 0,4 E$ =	722	N/mm²	
VALEUR CALCUL DANS L'ETAT-LIMITE ULTIME				
Coefficient partiel de matériau	γ_M =	3		
Résistances de calcul du mur				
à la compression f_d =		1,2	MPa	
à la flexion f_{xd1} =		**0,02**	MPa	
f_{xd2} =		**0,07**	MPa	
au cisaillement f_{vd} =		0,07	MPa	pour σ_d = 0,27 MPa

B. CHARGES D'EXPLOITATION

- Dans la situation existante, l'espace au-dessus de la voûte est occupé par un bureau. Dès lors, nous considérons des charges d'exploitation de 2,50 kN/m².

- Dans la situation projetée, la salle au-dessus de la voûte deviendra un espace de stockage. Conformément à l'Eurocode 1, nous retenons une charge d'exploitation de 7,50 kN/m².

C. GEOMETRIE DE LA VOUTE

La modélisation de la voûte est faite sur le logiciel Robot Structural Analysis 2024. Les informations données par les plans des géomètres et par le rapport de diagnostic structurel de Géotec étant par moments divergentes, nous conserverons à chaque fois les hypothèses les plus conservatives pour nos calculs. Ainsi :

- Nous conservons les épaisseurs des murs données par les plans des géomètres, aussi bien pour le sous-sol que pour le RDC. De cette manière, nous prenons une épaisseur de 99 cm pour le piédroit côté extérieur et une épaisseur de 120 cm pour le piédroit côté intérieur. Pour l'étage supérieur, le mur porteur reportant sa charge sur le piédroit côté extérieur a une épaisseur de 60 cm et le mur de refend reportant sa charge sur le piédroit côté intérieur a une épaisseur de 70 cm.

- En l'absence de cotes précises sur les plans, nous admettons que les murs du RDC reportant leur poids propre sur les piédroits des voûtes ont une hauteur de 5m. Cette hypothèse, conservative, est basée sur des mesures réalisées à partir de vues satellites.

D. FORCE DE BUTEE

La voûte V1 étant enterrée, nous considérons une butée du milieu extérieur à la voûte qui vient s'opposer aux forces de poussées exercées par la voûte.

N'ayant pas d'informations précises sur la nature du sol environnant, nous prendrons la valeur conservatrice pour le coefficient de butée du sol de $K_p = 2,5$.

La présence de quatre marches entre le niveau du terrain naturel et le RDC du bâtiment nous invite à suggérer que le niveau du RDC est surélevé d'environ 65 cm par rapport au niveau du terrain naturel. Ainsi, la hauteur de terrain mobilisée en butée est de 2,65m – 0,65m = 2,00m.

En considérant que le sol extérieur a un poids volumique de 17 kN/m^3, la force de butée en pied de piédroit est de $F_B = 0.5 \times 2.5 \times 17 \times 2,00^2 = 85$ kN/m

Nous utilisons cette même hypothèse pour le piédroit côté intérieur.

E. COMBINAISON DE CHARGES

Nous considérons que le poids propre des piédroits, le poids propre des murs toute hauteur ainsi que la butée du terrain extérieur s'opposent au basculement des piédroits. Ces forces sont à considérer comme des actions permanentes favorables. Nous les noterons G_{fav}. La combinaison ELU à retenir (D'après l'EC0 / Annexe A1) est donc :

$ELU\ EQU \rightarrow \gamma\gamma_{Ginf} = 0.9$ "$Equilibre$" : $équilibre\ statique\ de\ la\ structure$

$ELU\ EQU = 0.9 * \mathrm{Gfav} + 1.35 * G + 1.5 * \mathrm{Q}$

Nota : La valeur de Q est bien modifiée entre l'état existant et l'état projeté, comme indiqué dans le paragraphe B.

Cette combinaison ELU servira pour la vérification à l'écrasement des maçonneries.

Pour la vérification de l'absence de mise en traction des maçonneries de la voûte, nous utilisons la règle du tiers central qui se base sur la combinaison ELS suivante :

$ELS = 1 * \mathrm{Gfav} + 1 * G + 1 * \mathrm{Q}$

IV. MISE AU CALCUL

La modélisation d'un mètre linéaire de la voûte est réalisée sur le logiciel Robot Structural Analysis 2024. Dans la modélisation ci-dessous, nous ajoutons des barres fictives de calculs apparaissant ici en bleu marine. La modélisation de ces barres sert à la cohérence du modèle mais les résultantes des efforts et contraintes dans ces pièces ne sont représentatives de la réalité. Ces pièces ne sont pas vérifiées en contrainte.

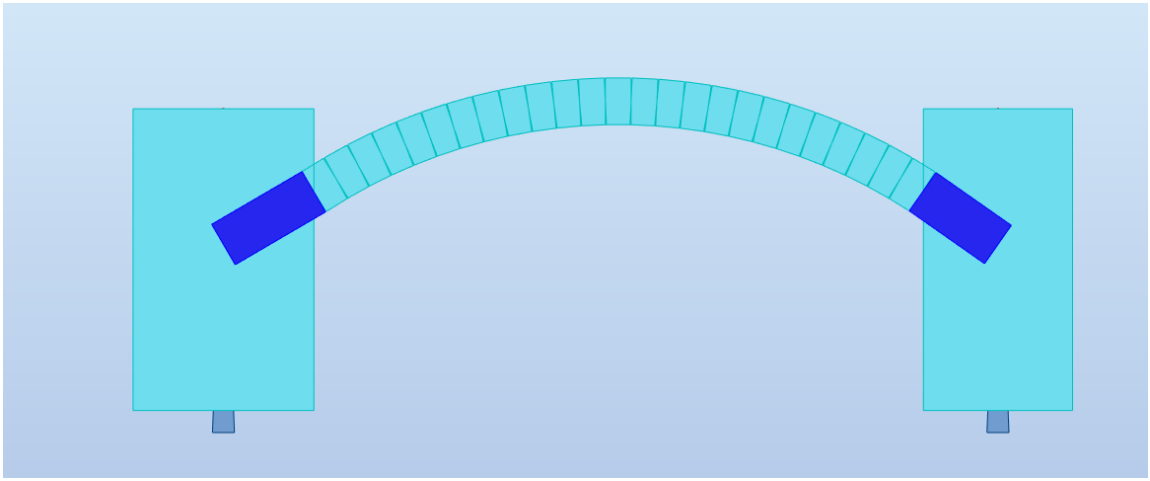


Figure 5 : Modélisation de la voûte

A. ETAT EXISTANT

Nous réalisons un premier calcul pour vérifier la voûte à l'état existant, c'est-à-dire avec une charge d'exploitation de 250 kg/m².

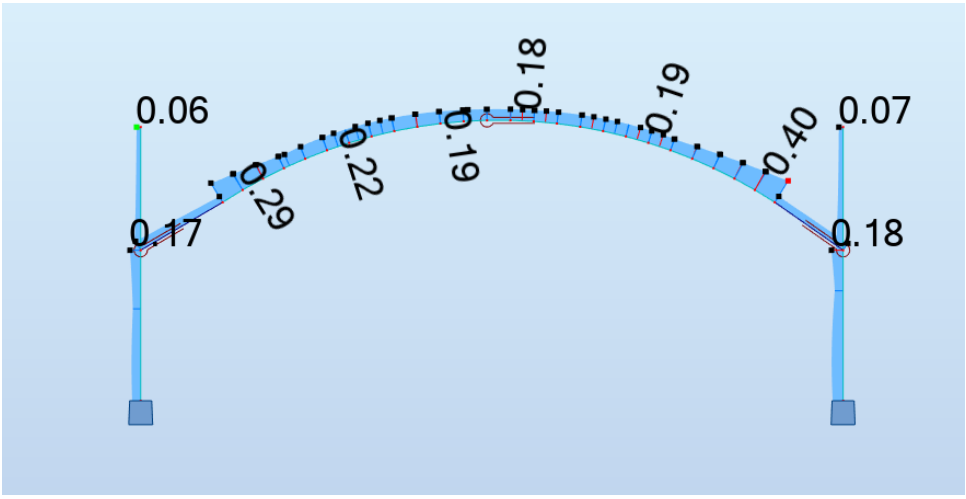


Figure 6 : Contraintes maximales (en MPa) dans les maçonneries sous combinaison ELU 0.9 * Gfav + 1.35 G + 1.5 * Qexistant

Nota : Dans le logiciel Robot Structural Analysis, les contraintes de compression sont positives et les contraintes de traction sont négatives.

Nous obtenons une contrainte de compression maximale de 0.40 MPa en pied de voûte. Cette valeur est à comparer avec la résistance de calcul à la compression précédemment calculées f_{cd} = 1,2 MPa.

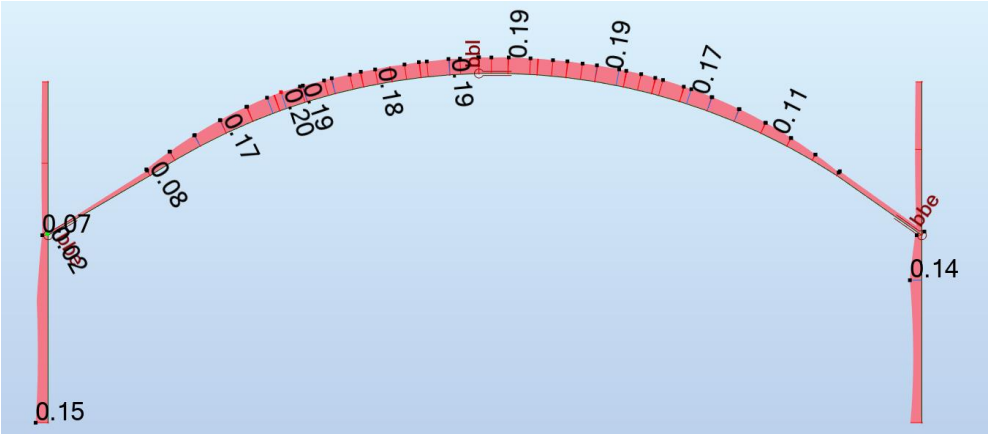


Figure 7 : Contraintes minimales (en MPa) dans les maçonneries sous combinaison ELS 1*Gfav+ 1*G+1* Qexistant

Malgré la répartition non-uniforme des contraintes dans les maçonneries de la voûte, comme le montre la variation des contraintes avec des écarts entre les contraintes maximales et minimales, aucun effort de traction n'est observé dans l'ensemble de la structure de la voûte qui reste entièrement comprimée.

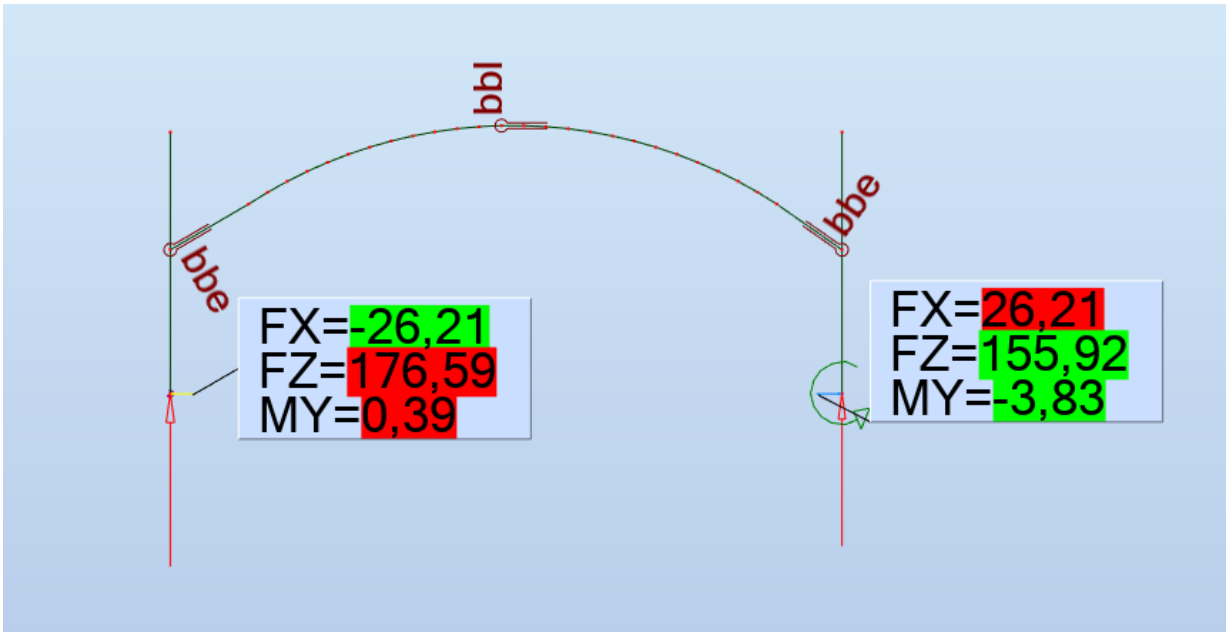


**Figure 8 : Réactions d'appuis en pied des piédroits (Fz zet Fx en kN, My en kN.m)
sous combinaison ELS 1*Gfav+ 1*G+1* Qexistant**

Cette vérification est aussi réalisée en pied de piédroit, où nous vérifions que l'excentrement des charges, défini par le rapport My/Fz, est compris dans le tiers central du piédroit. Nous vérifions ainsi que l'excentrement est inférieur au sixième de la largeur du piédroit. Cette vérification est faite pour le piédroit extérieur, qui est moins large et qui a un moment plus important en pied.

e = 3.8 / 155.9 = 0.024 m

L/6 = 0.99/6 = 0.165 m

La stabilité de la voûte V1 est donc vérifiée à l'état existant.

B. ETAT PROJETE

Nous réalisons ensuite un deuxième calcul pour la voûte à l'état projeté avec une charge d'exploitation de 750 daN/m².

Résistance à l'écrasement des maçonneries

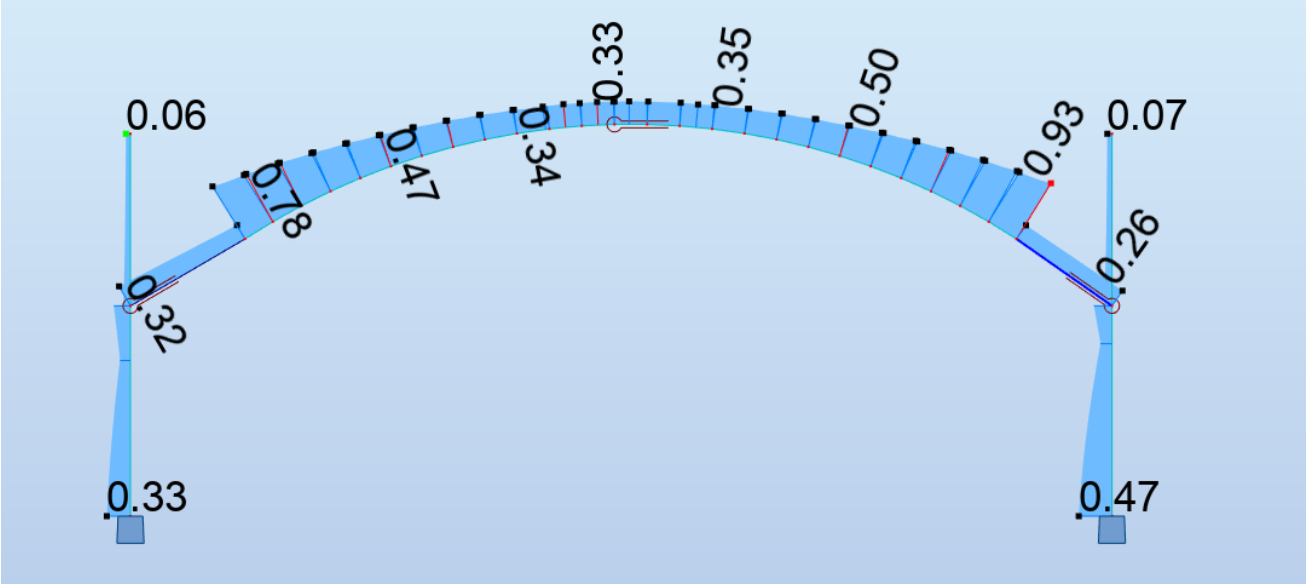


Figure 9 : Contraintes maximales (en MPa) dans les maçonneries sous combinaison ELU 0.9 * Gfav + 1.35 G + 1.5 * Qprojet

Nous obtenons une contrainte de compression maximale de 0.93 MPa pour les reins de la voûte. Nous avons $\sigma_c < f_{cd} = 1{,}2$ MPa.

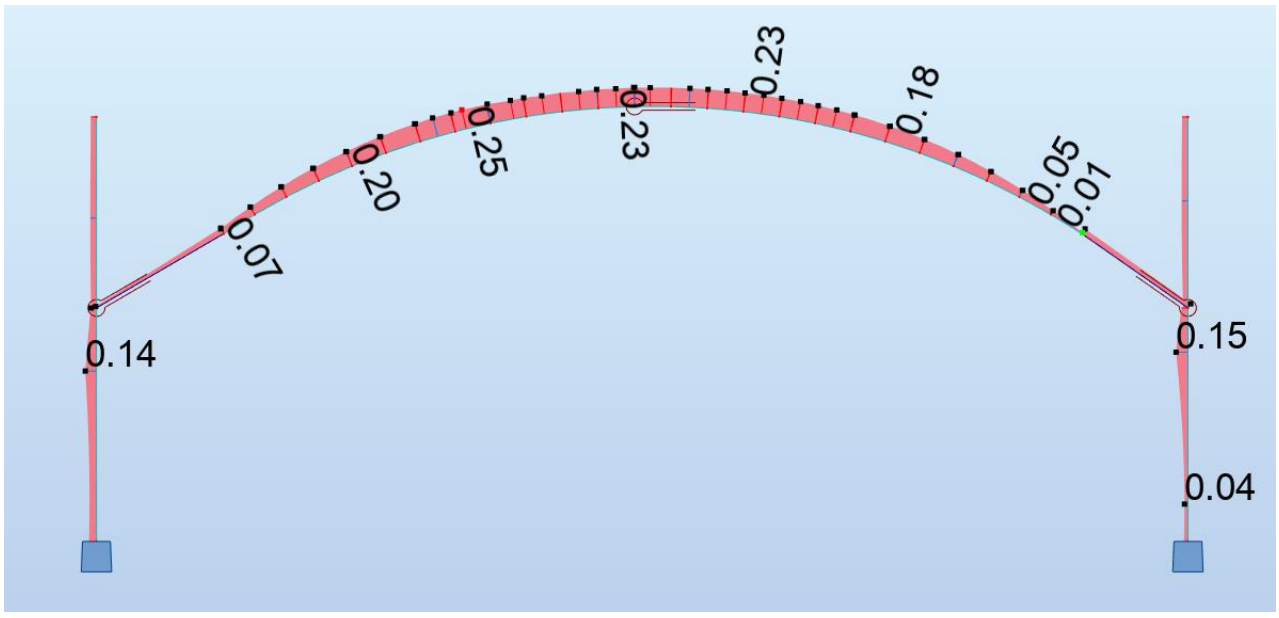


Figure 10 : Contraintes minimales (en MPa) dans les maçonneries sous combinaison ELS 1*Gfav+ 1*G+1* Qprojet

De nouveau, dans ce cas, nous notons l'absence d'efforts de traction dans les maçonneries de la voûte.

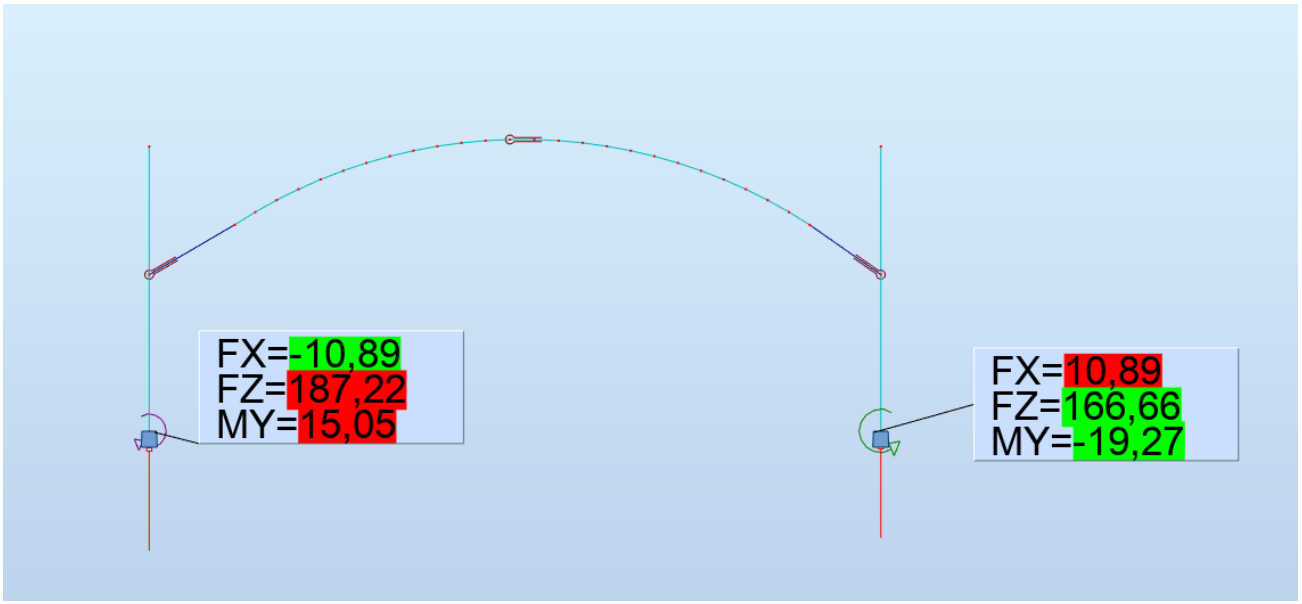


Figure 11 : Réactions d'appuis en pied des piédroits (Fz zet Fx en kN, My en kN.m) sous combinaison ELS 1*Gfav+ 1*G+1* Qprojet

e = 19.27 / 166.66 = 0.116 m

L/6 = 0.99/6 = 0.165 m > e

V. CONCLUSION

À la suite des mises aux calculs, nous vérifions que la voûte V1 a été correctement dimensionnée pour reprendre les charges actuelles mais qu'elle est aussi capable de reprendre les charges d'exploitations prévues pour un espace de stockage au RDC. Nous jugeons donc qu'il n'est pas nécessaire de prévoir de renforcement pour cet objectif de charges.

∴

GROUPE

GÉOTEC

ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

NOS SAVOIR-FAIRE

AU SERVICE DE VOS PROJETS





Géotechnique

–

Maritime

–

Environnement

–

Risques Naturels

–

Diagnostic
Structure

–

Géothermie





