

# L'ÉGLISE ST MICHEL DE DRAGUIGNAN : SON COMPORTEMENT DEPUIS UN DEMI-SIÈCLE



# HISTORIQUE

- Sur l'emplacement actuel, la première église aurait été construite en 1356,
- Entre 1861 et 1864, l'église est démolie et entièrement reconstruite,
- Des désordres dès 1880 ; évolution jusqu'à la fermeture en 1957,
- Entre 1961 et 1964, importants travaux de confortement conçus par M. AUJARD, ABF et M. KERISEL : Démolition des voûtes de la nef, chaînage général,
- Système d'auscultation « régulier » depuis 1971 par le Cabinet CLARET et SIMECSOL devenant ARCADIS.

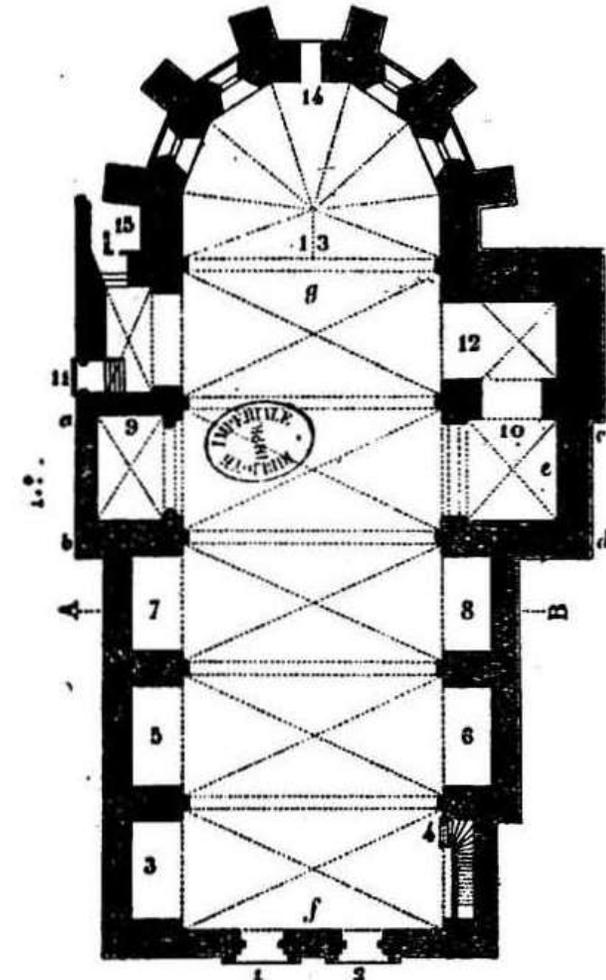
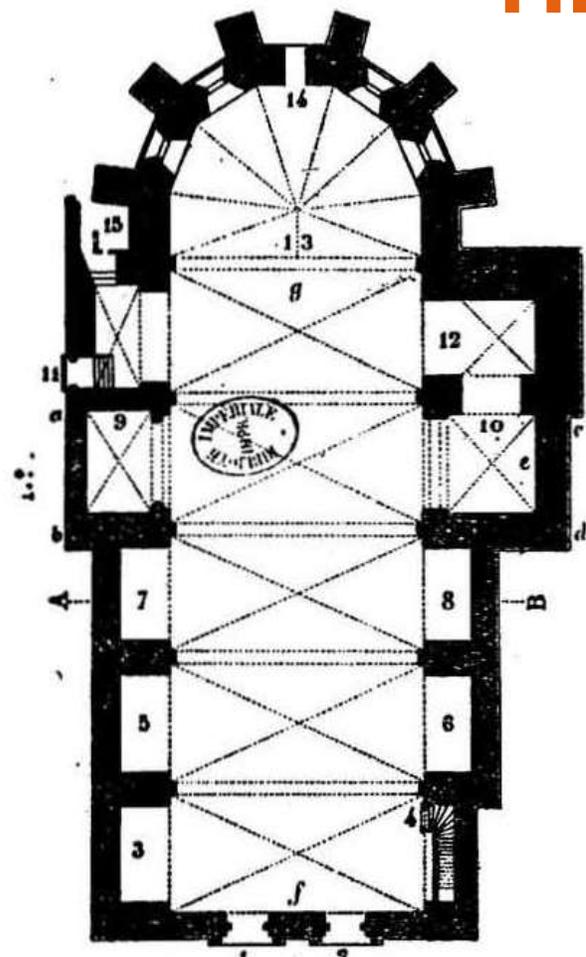


Fig. 6. — Plan de l'ancienne église de Draguignen (d'après Poulle).  
Photo Bibl. Nat.

# HISTORIQUE

Avant 1860



Après 1864

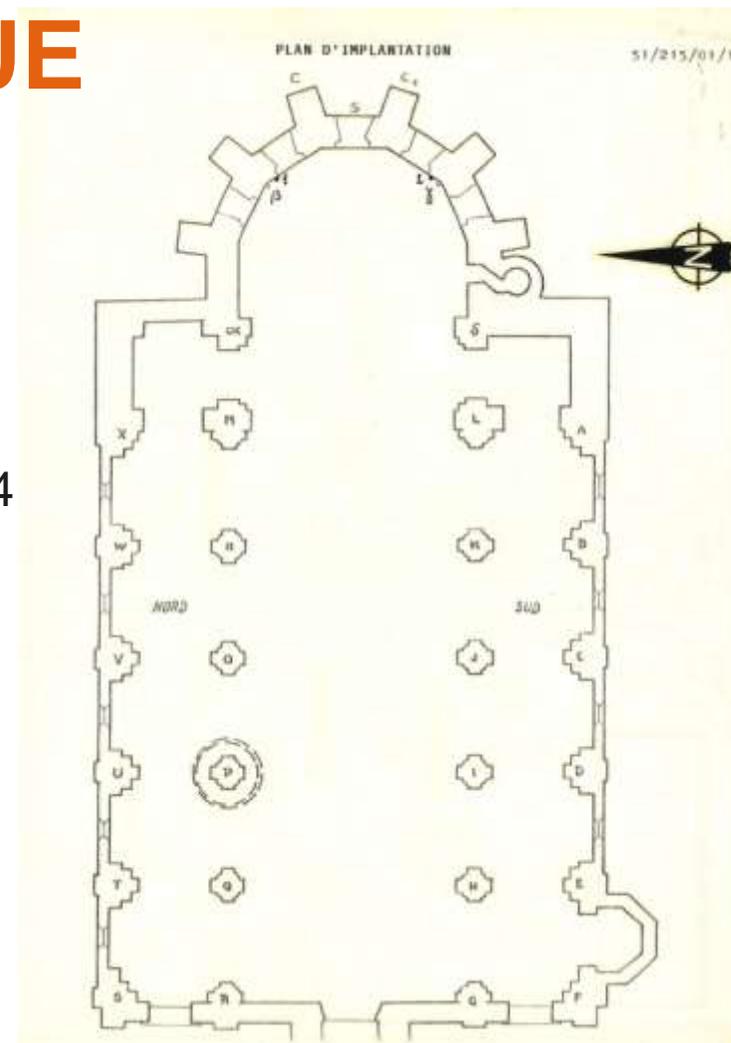


Fig. 6. — Plan de l'ancienne église de Draguignen (d'après Poulle).

Photo Bibl. Nat.

# HISTORIQUE

Avant 1957



Après 1964

# HISTORIQUE

## Ingénieurs qui ont suivi cet ouvrage

**Jean KERISEL** (années 1960 à 1980)

**Jacques ROBERT** (années 1980)

**Jean Michel RESCOUSSIER** (années 1990 à 2010)

**Jean BROSSIER** (années 1990 à 2010)

**Hassan FARHAT** (années 2010)

## Ingénieurs et Techniciens mesures

**Jean RAMOUSSIN**

**Rémi MANARDO**

**Clive MEDWAY**

# HISTORIQUE



Monsieur le Sénateur-Maire ,

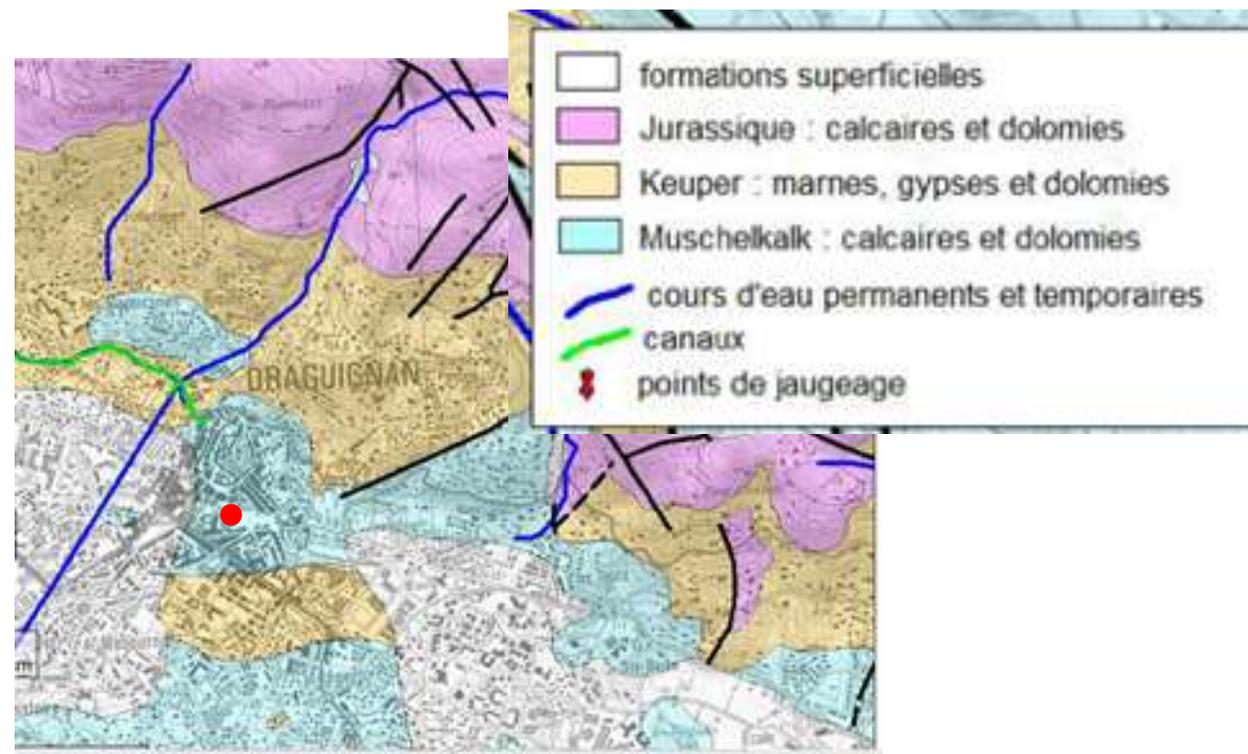
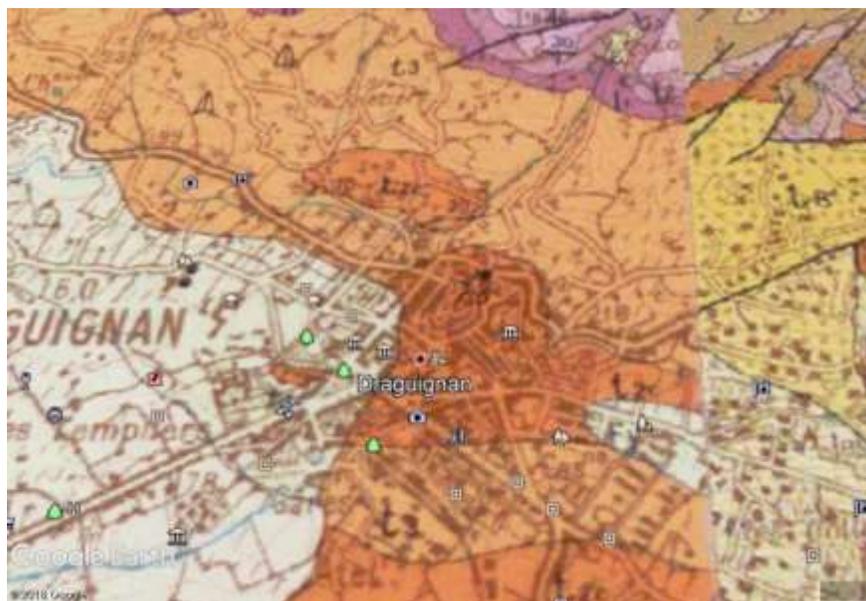
Je m'excuse infiniment d'avoir tant tardé à répondre à vos lettres concernant l'Eglise Paroissiale de DRAGUIGNAN. La cause en est double : la première est que votre correspondance a été égarée dans un mauvais service , et la deuxième est que Président pour quatre ans de la Société Internationale de Mécanique des Sols et Travaux de Fondation , je cours le monde pour présider de nombreux congrès .

Je fais sortir le dossier ; je vais l'examiner et au besoin , j'irai sur place .

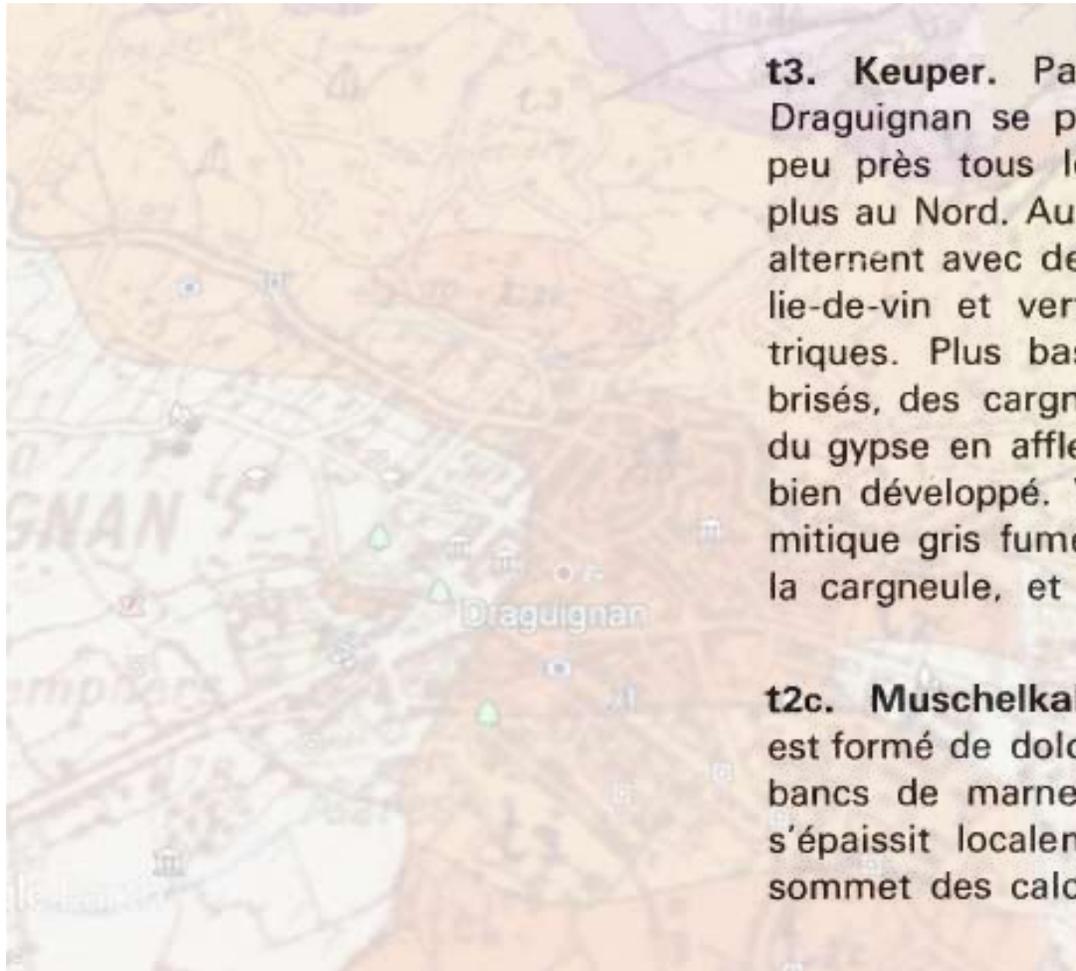
Veuillez croire , Monsieur le Sénateur-Maire , à l'assurance de mes meilleurs sentiments.

J. KERISEL

# GEOLOGIE DU SITE



# GEOLOGIE DU SITE



**t3. Keuper.** Par suite d'effets tectoniques intenses, la feuille Draguignan se prête mal à l'étude du Keuper. Celui-ci présente à peu près tous les termes de la série que l'on peut reconstituer plus au Nord. Au sommet, se rencontrent des dolomies blanches qui alternent avec des marnes réséda surmontant des « marnes irisées » lie-de-vin et vert pastel, avec des blocs de cargneules géométriques. Plus bas, existent pêle-mêle des bancs dolomitiques très brisés, des cargneules, des marnes plus ou moins dolomitiques et du gypse en affleurements dispersés, sauf près de Flayosc où il est bien développé. Vers la base, se trouve un banc de calcaire dolomitique gris fumée clair, marbré de taches plus foncées, passant à la cargneule, et qu'il ne faut pas confondre avec le Muschelkalk.

**t2c. Muschelkalk supérieur dolomitique (Lettenkohle).** Ce niveau est formé de dolomies grises bien stratifiées, zonées, avec quelques bancs de marne verdâtre. Assez mince au Sud, la Lettenkohle s'épaissit localement et surtout vers le NE, où elle assimile le sommet des calcaires du Muschelkalk.

# GEOLOGIE DU SITE

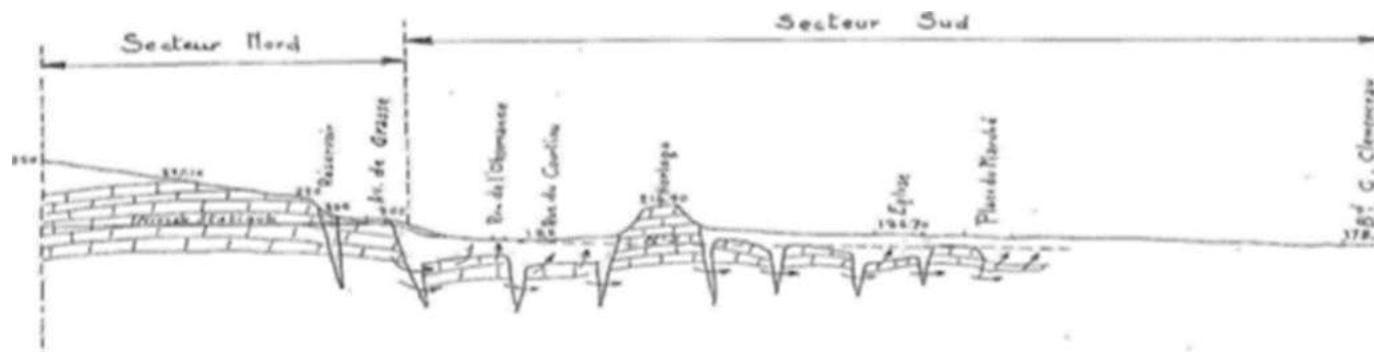
## Formations du Muschelkalk :

- Calcaires gris et compacts avec intercalations de bancs marneux et des bancs de dolomies

## Zone faillée - Recouvrement :

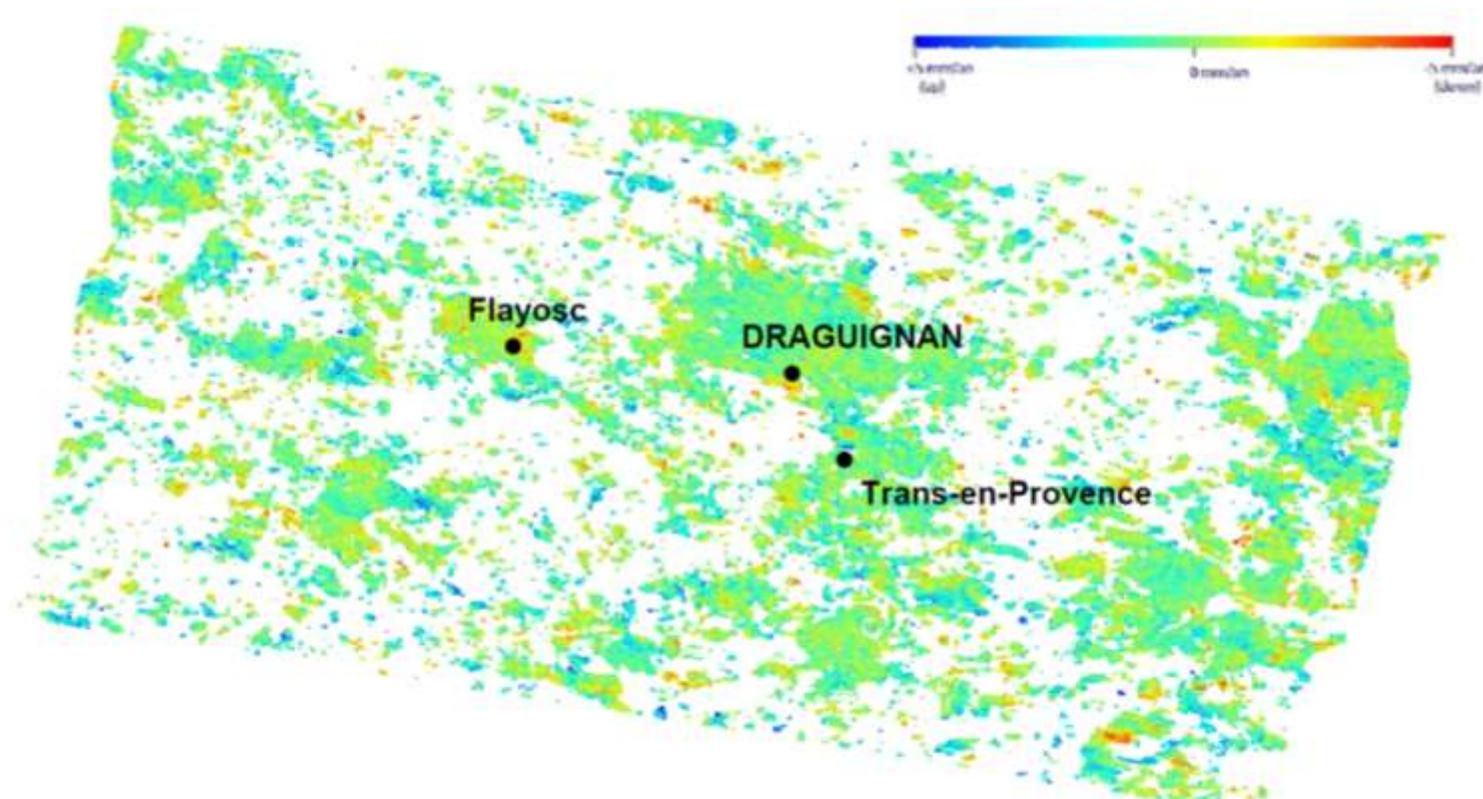
- Eboulis grossiers, argiles et cargneules du **Keuper**
- Conduit de drainage des eaux superficielles vers la nappe profonde.
- Les matériaux de remplissage se dégradent par les effets de circulation des eaux.
- Peuvent s'ajouter des dissolutions de couches profondes de gypse (foyer Ramadier)

**Aucune cavité majeure n'a été reconnue – Nappe très profonde (40 m) ?**



*Structure géologique du centre ancien de Draguignan d'après Uguet 1958*

# GEOLOGIE DU SITE



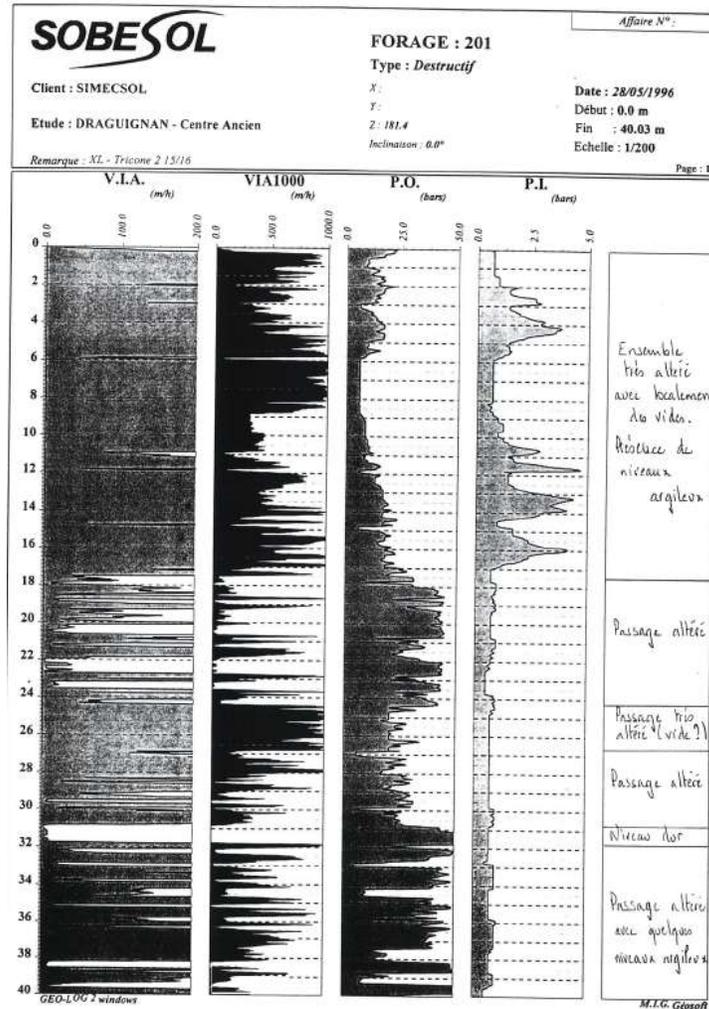
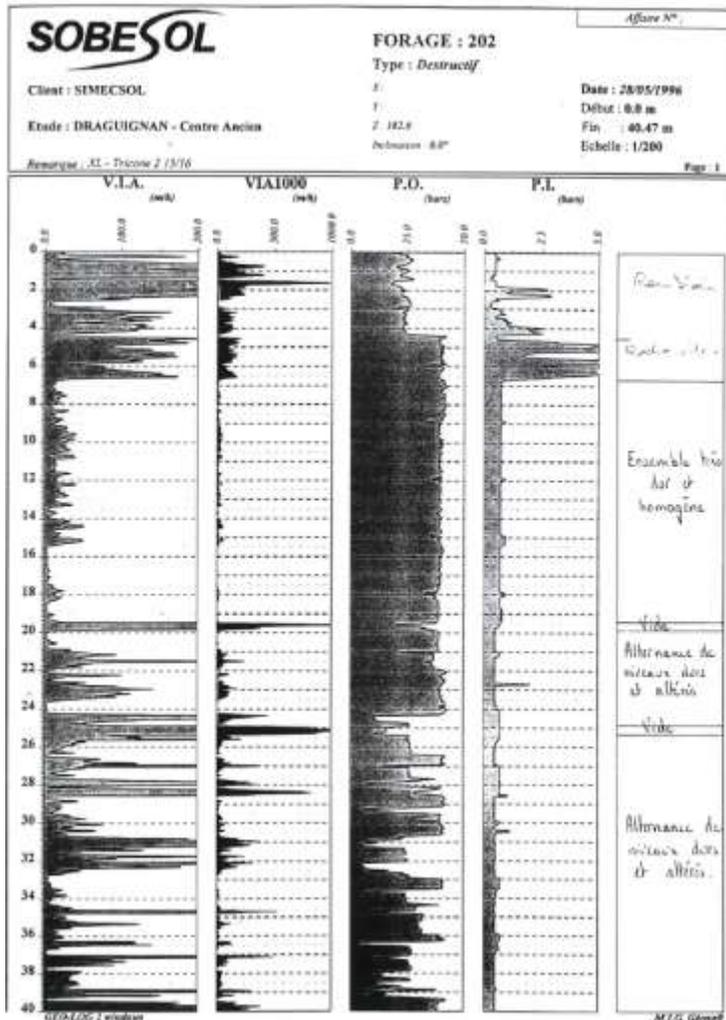
Source BRGM – Réflectométrie radar 2002 - 2010

# DONNEES GEOTECHNIQUES

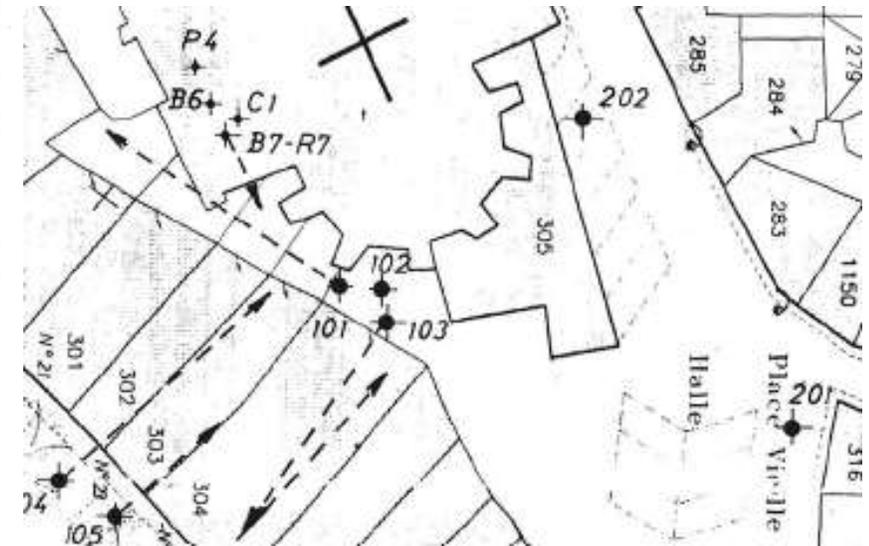
## Des reconnaissances géotechniques par sondages carottés et destructifs :

- Campagnes de reconnaissance de 1958, 1992, 1994, 1996 et 2003,
  - Reconnaissance par micro-gravimétrie entre 1988 et 1990.
- **Un substratum calcaire relativement sain**  
sous une partie du clocher et la partie centrale de l'église.
- **Des sols de très faible compacité côté Est du clocher**  
et en façade Nord de la nouvelle Halle du marché et sous la Place de la Vieille Halle.

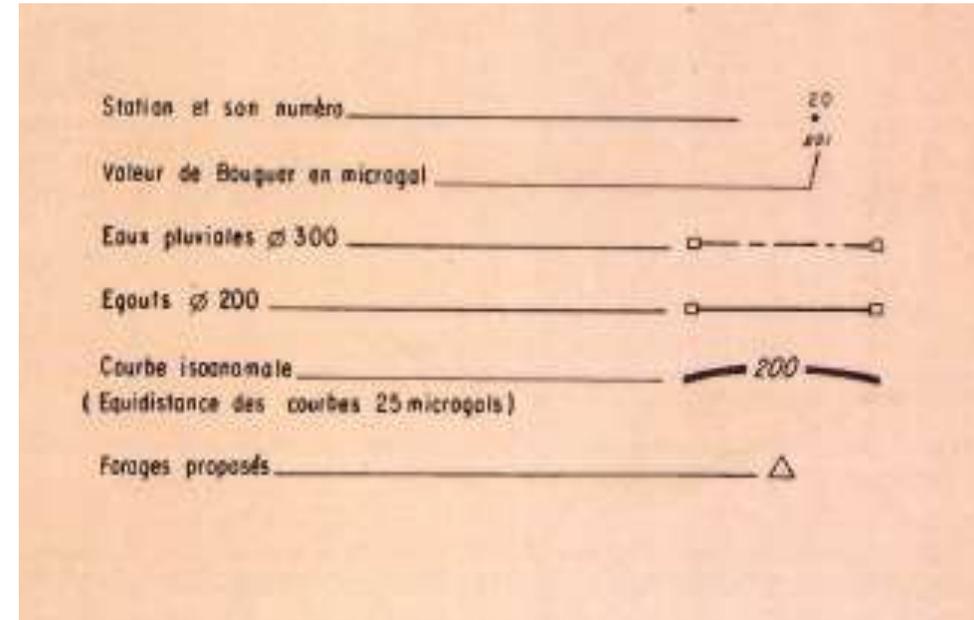
# DONNEES GEOTECHNIQUES



- Contexte géotechnique complexe,
- Variations brutales du niveau du substratum

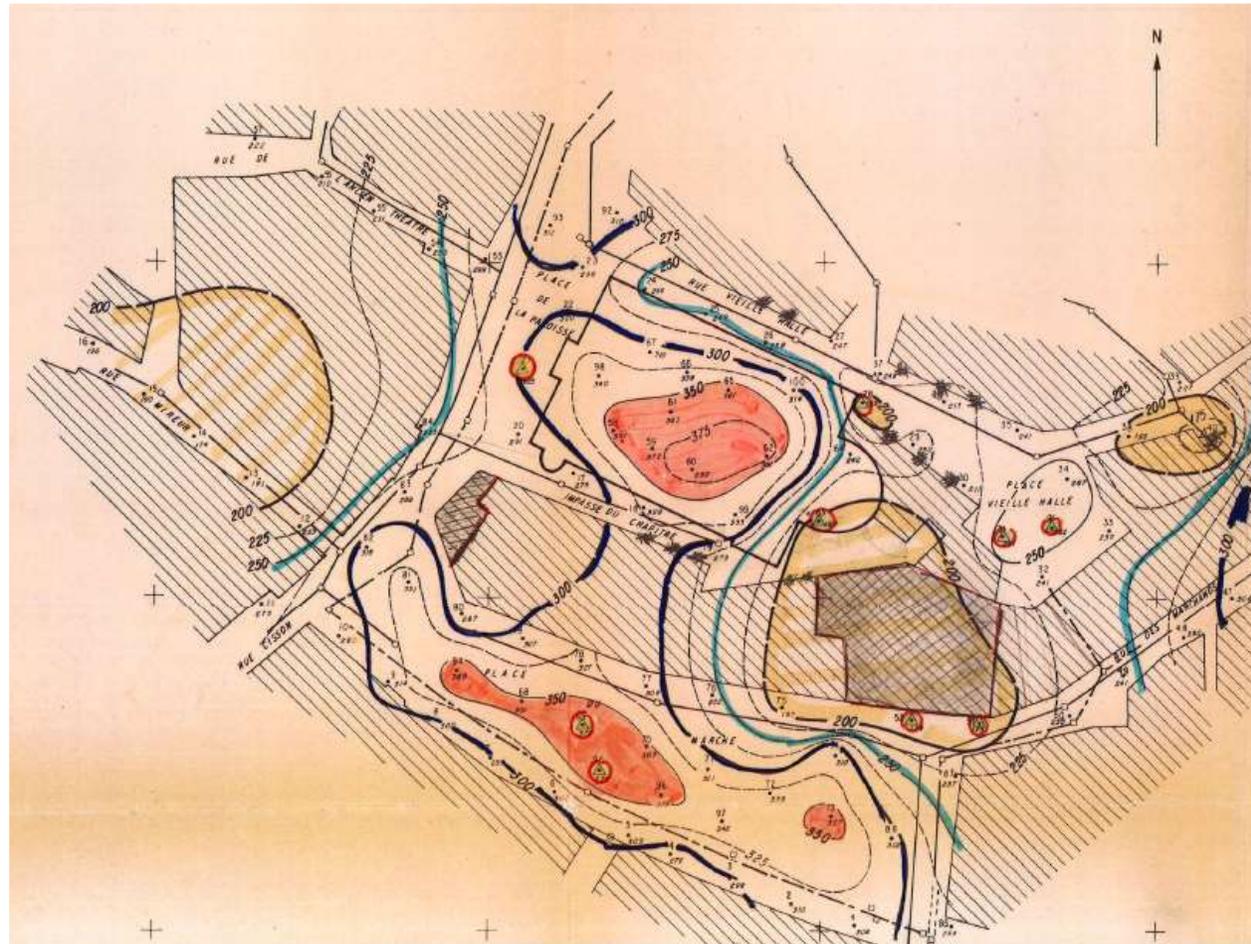


# DONNEES GEOTECHNIQUES

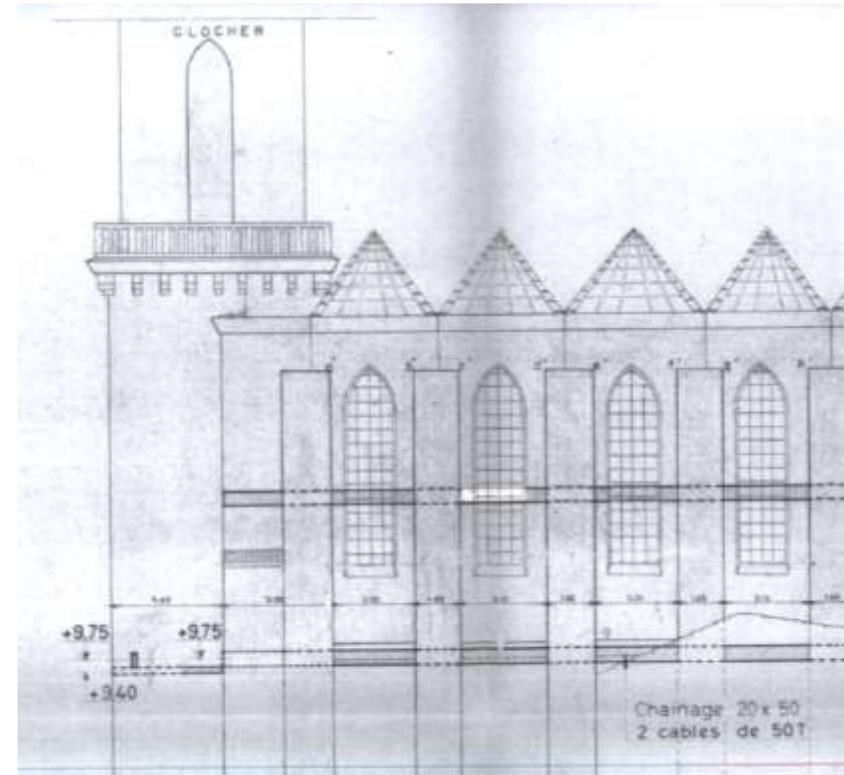
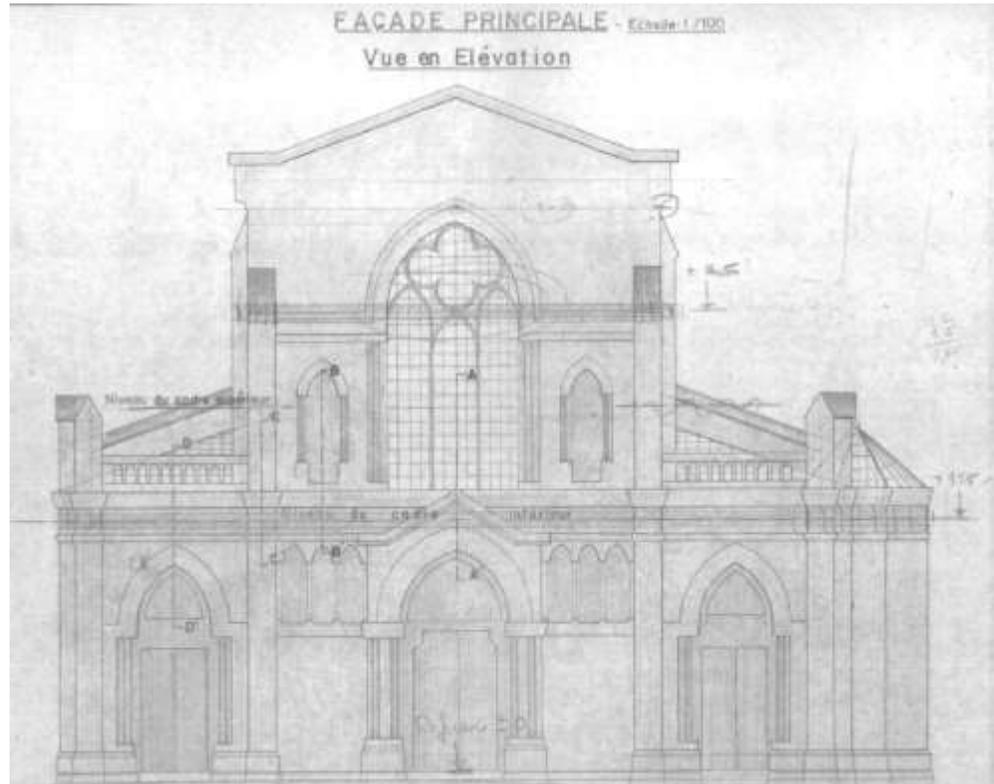


Mesures de 1988

# DONNEES GEOTECHNIQUES



# LA STRUCTURE



# LA STRUCTURE

## 1965 : Chaînage de l'église

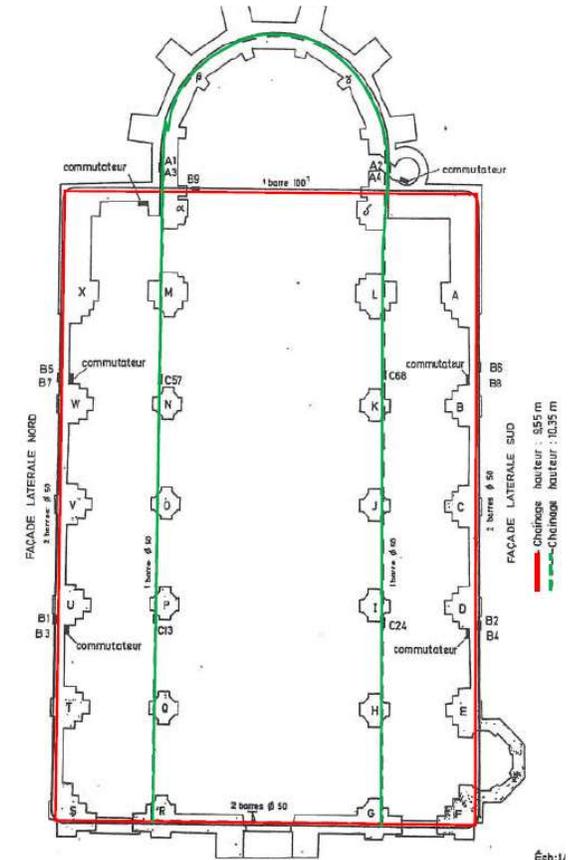
Les tassements différentiels engendrent des fissures très importantes sur l'édifice.

Afin de limiter la propagation de ces désordres structurels, deux chaînages ont été réalisés :

- Un chaînage latéral à une hauteur de 9.55m
- Un chaînage central à une hauteur de 10.35m

## Entre 1961 et 1965 : Importants travaux de confortement :

- Démolition voûtes de la nef,
- Mise en place de chaînages,
- Nouvelle couverture sur charpente.



**2 barres Ø 50**

— Chainage hauteur : 9,55 m

— Chainage hauteur : 10,35 m

**1 barre Ø 50**

# AUSCULTATION

**Auscultations** : à partir de 1964

- 1966 : Tension dans la chainages – Cordes vibrantes
- 1971 : Nivellement du socle des piliers
- 1978 : Mesures d'écartement entre piliers – fil INVAR
- 1982 : Mesures d'inclinaison de diverses parties – IMS
- 1982 : Fissuromètres à billes tri directionnels
- 1992 : Suivi topographique de la tour du Clocher.

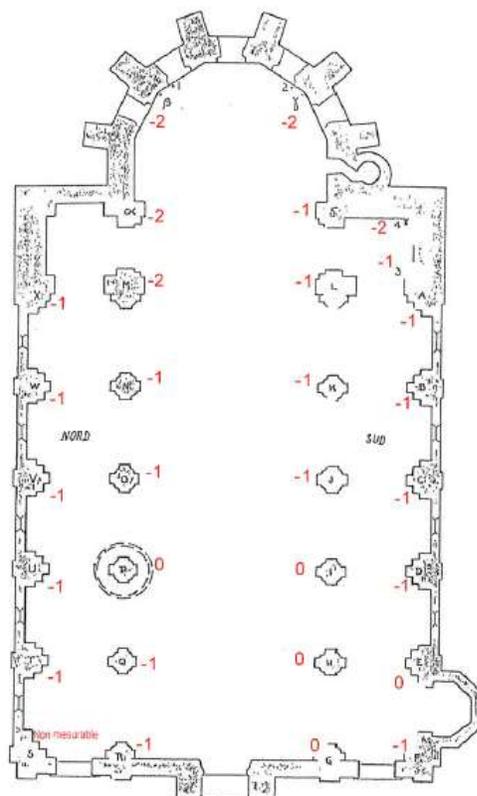
# AUSCULTATION

COMMUNE DE DRAGUIGNAN  
EGLISE SAINT-MICHEL

NIVELLEMENT DES PILIERS

SCHEMA SANS ECHELLE

Ecart en mm entre 06/03/2018 et 14/02/2019

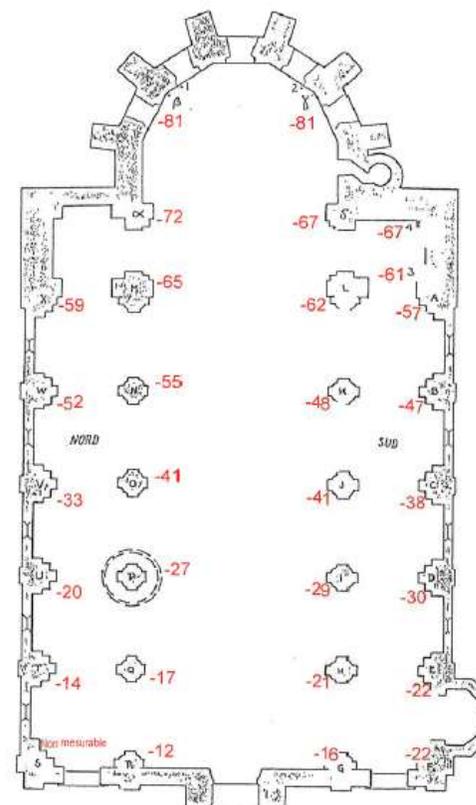


## Tassement des piliers

NIVELLEMENT DES PILIERS

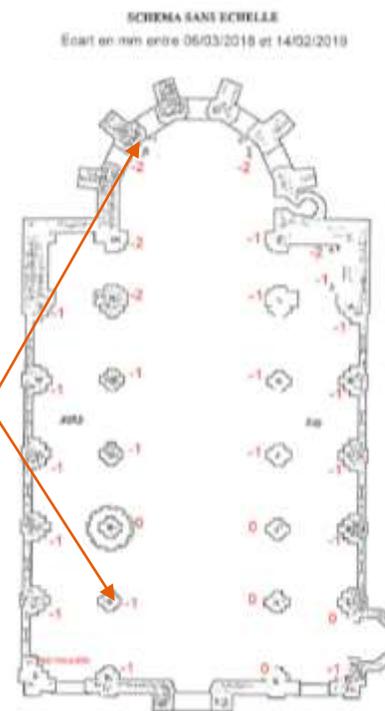
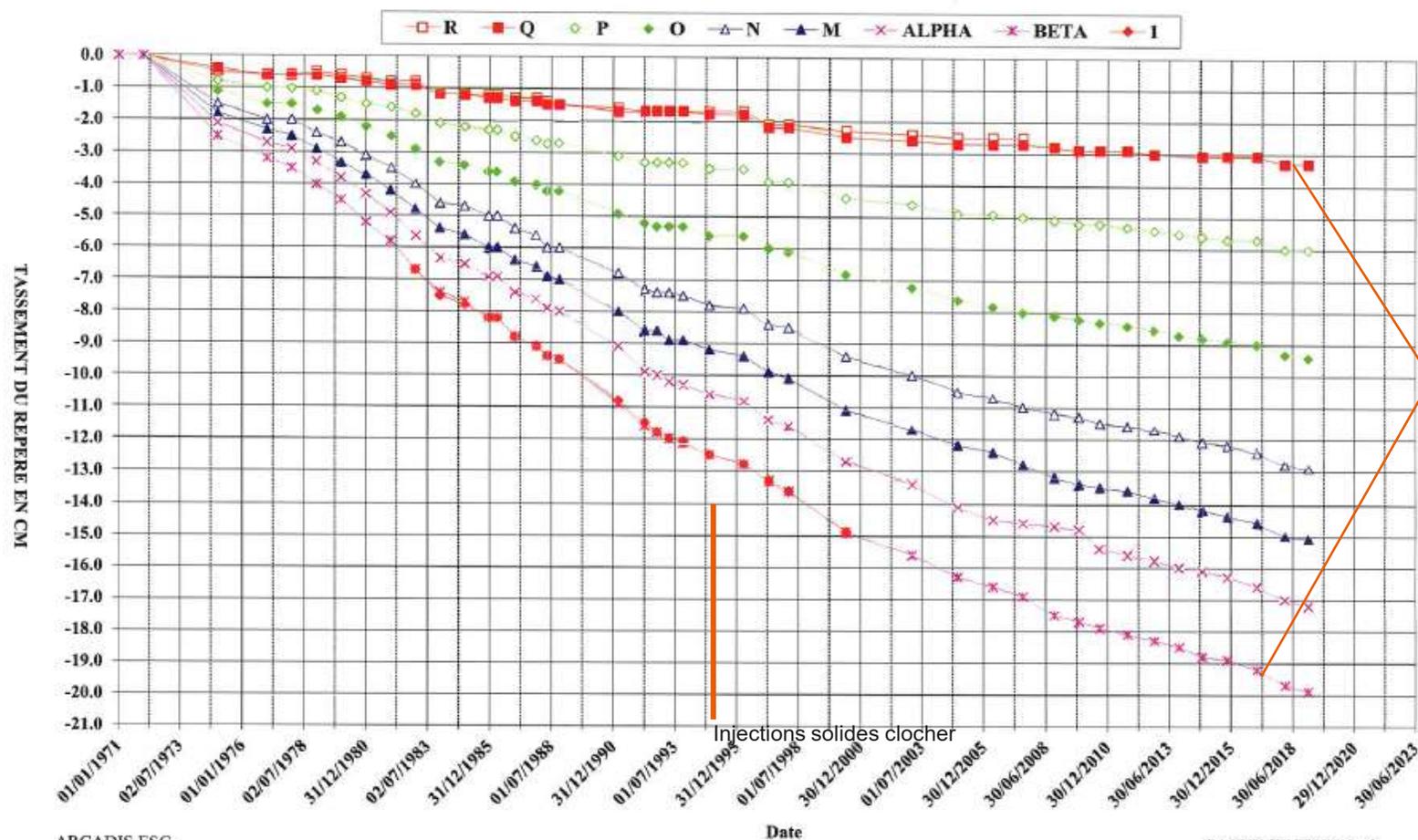
SCHEMA SANS ECHELLE

Ecart depuis 1992 en mm

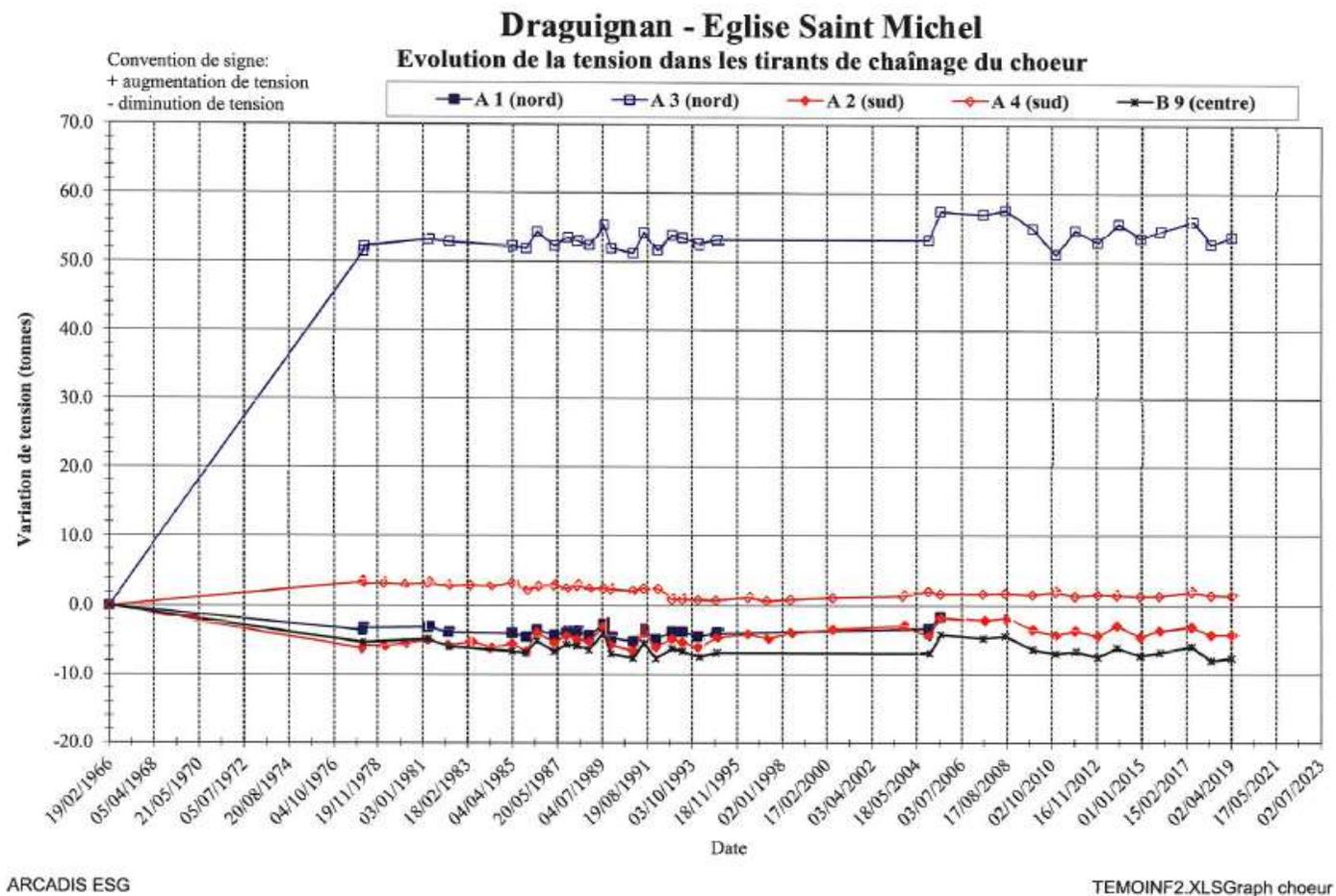


# AUSCULTATION

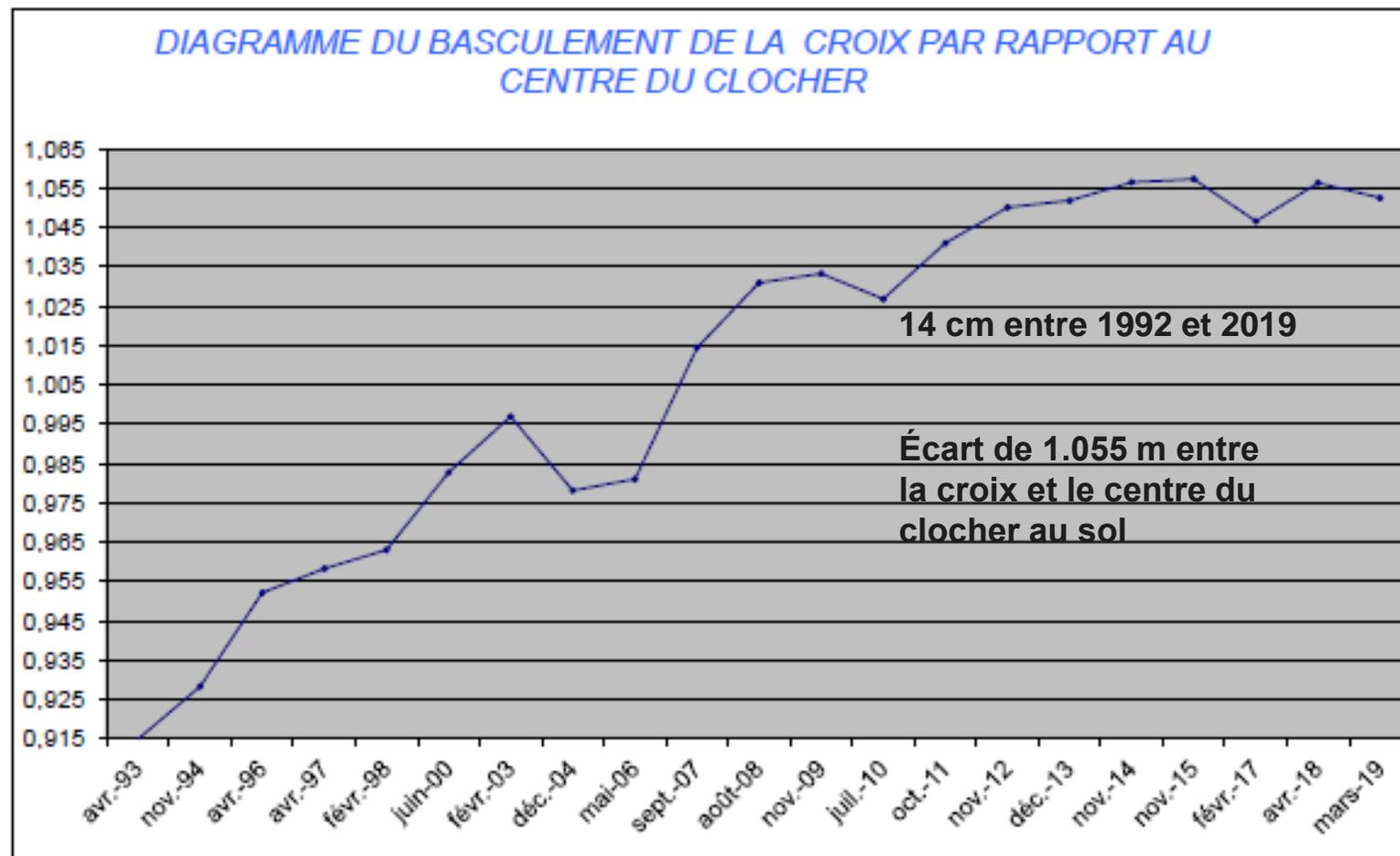
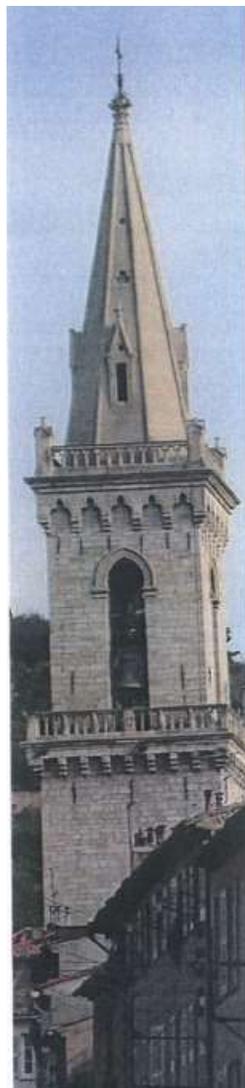
DRAGUIGNAN - EGLISE SAINT MICHEL  
Travées NORD  
Evolution du tassement des socles des piliers



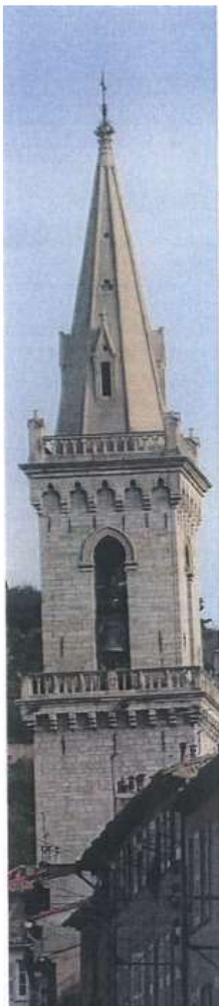
# AUSCULTATION



# AUSCULTATION



# AUSCULTATION



SCHEMA REPRESENTANT LES VARIATIONS DE POSITION DU CLOCHER DEPUIS 1992

ECHELLE 1/2

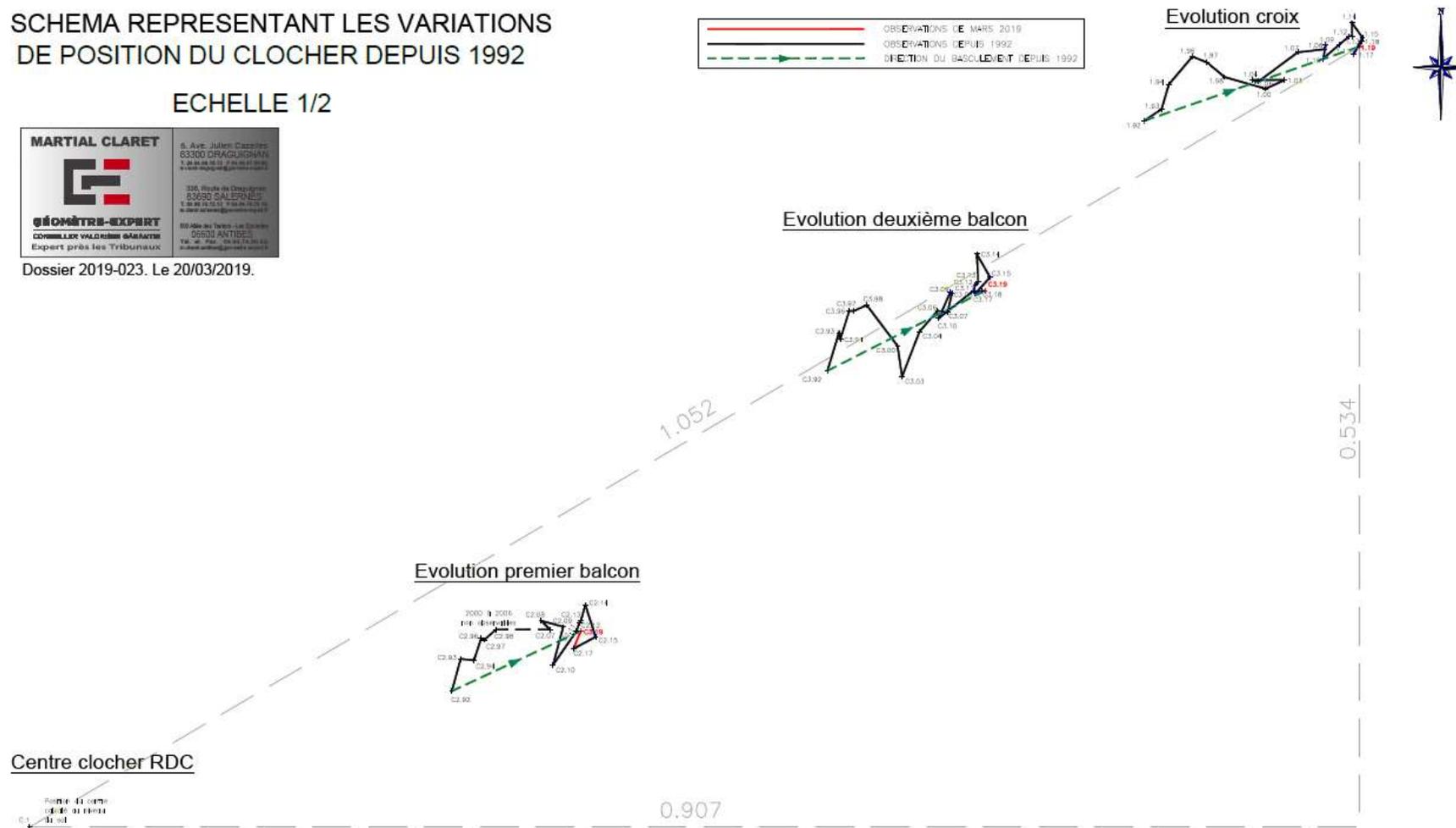
**MARTIAL CLARET**  
GÉOMÈTRE-EXPERT  
CONSEILLER VALORISÉ GÉNÉRALISTE  
Expert près les Tribunaux

5, Av. Julien Claret,  
63300 DRAGUIGNAN  
T. 04 79 48 18 11 F. 04 79 47 01 01  
m.claret@claret-geometre-expert.com

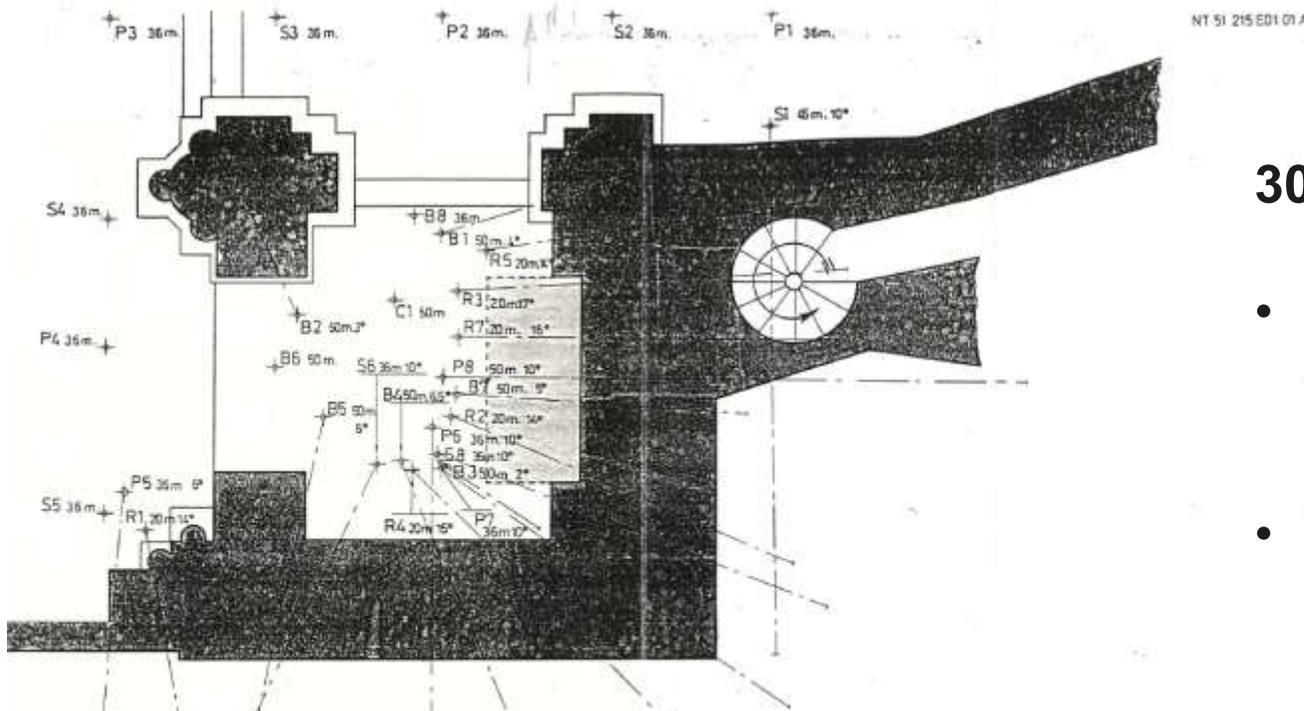
336, Route de Draguignan,  
83690 SALERS-LES  
T. 04 90 38 52 11 F. 04 90 19 23 23  
m.claret@claret-geometre-expert.com

88, Allée des Tanneurs - Les Cluses,  
06600 ANTIBES  
Tél. 04 93 78 49 70 Fax 04 93 78 49 71  
m.claret@claret-geometre-expert.com

Dossier 2019-023. Le 20/03/2019.



# INJECTIONS SOLIDES SOUS LE CLOCHER 1992

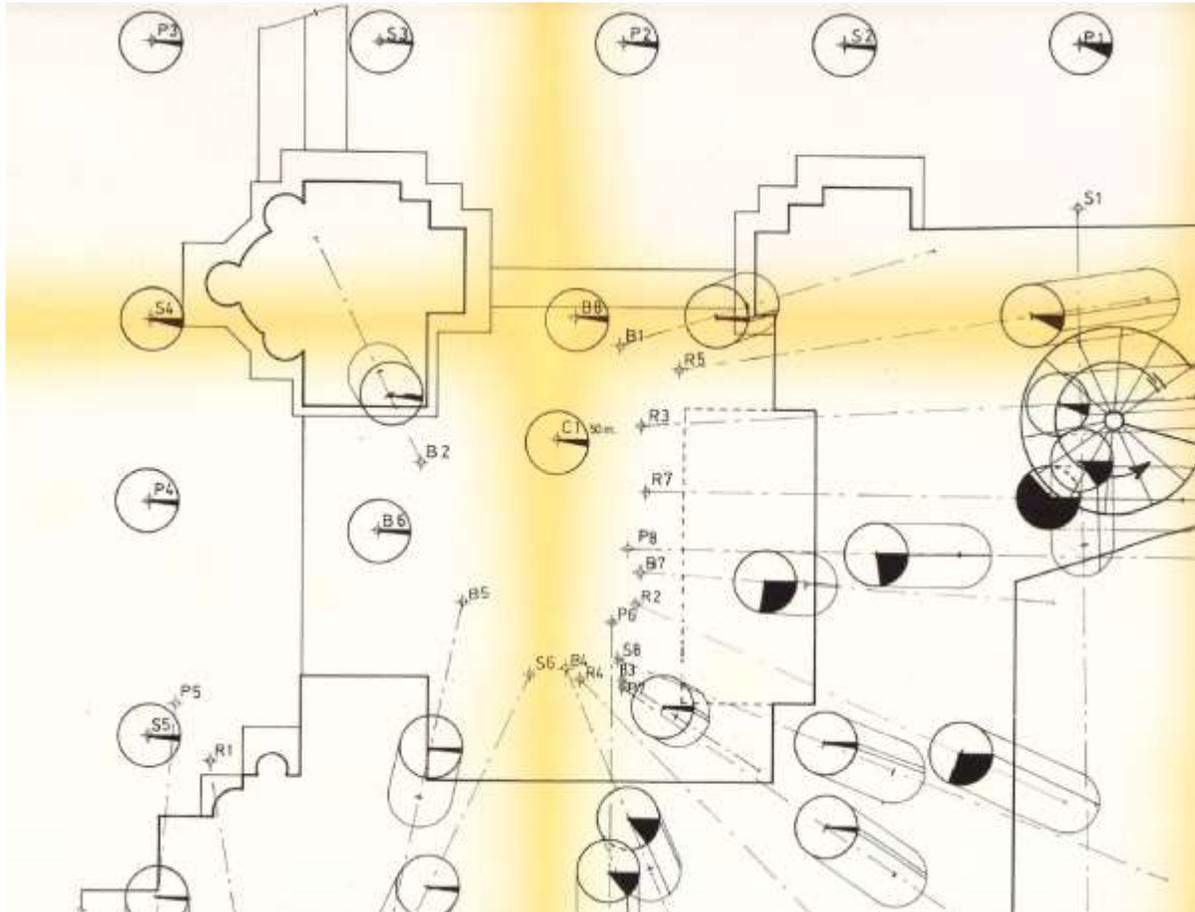


**30 forages d'injection au total**

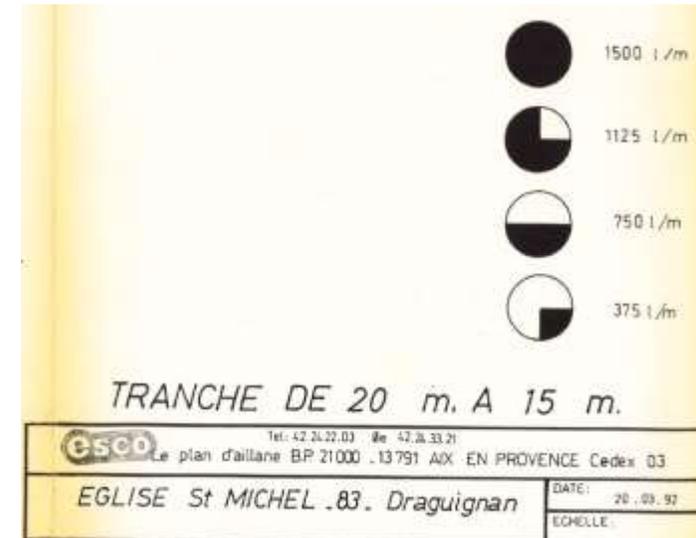
- Jusqu'à 20 m : volumes importants autour du pilier sud-est
- De 20 à 40 m : volumes dans la partie médiane

<p>esco Le plan d'alliance B.P. 21000 - 13791 AIX EN PROVENCE Cedex 03</p>	
<p>EGLISE St MICHEL .83. Draguignan</p>	
<p>Compactage par injection solide PLAN DE RECOLEMENT</p>	
DATE:	20.03.92
ECHELLE:	1/50 <sup>e</sup>
INDICES	DATES

# INJECTIONS SOLIDES SOUS LE CLOCHER 1992



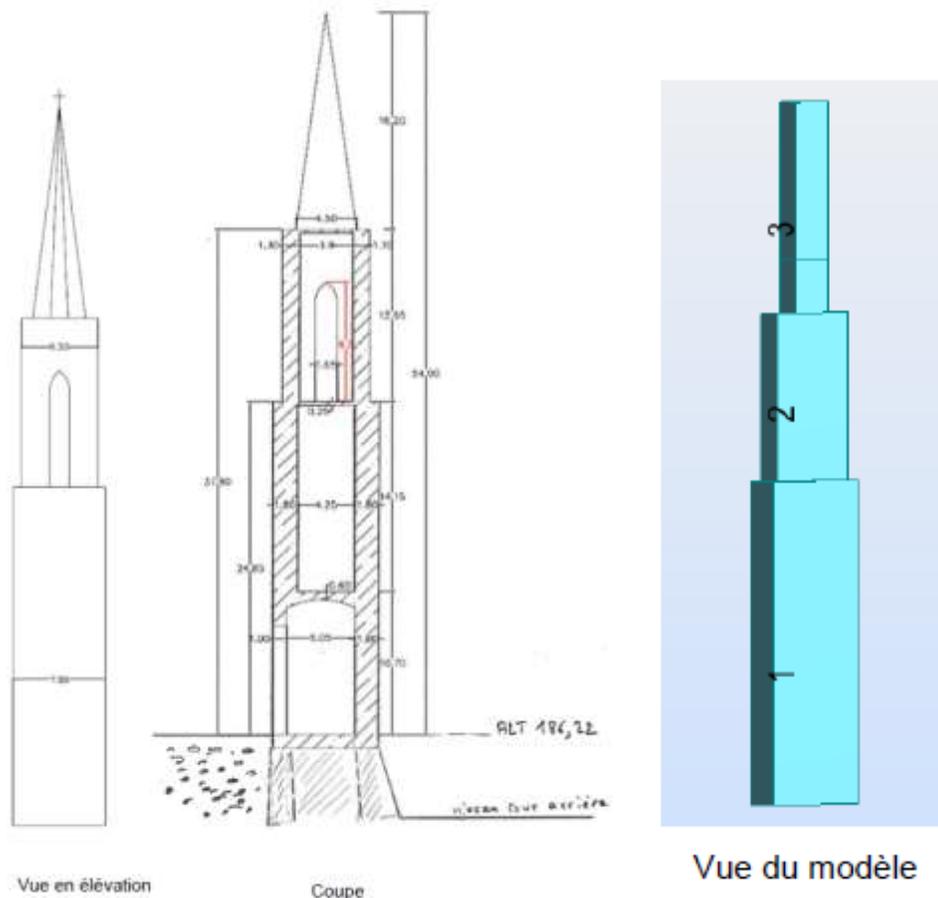
SYNOPTIQUE DES VOLUMES D'INCORPORATION



# COMPORTEMENT DE L'OUVRAGE

- **Poursuite du tassement** de l'ouvrage : abside, Tour du clocher.
- Tassement de l'ordre de **2 mm/an** côté est et de **1 mm/an** dans la partie médiane.
- Ralentissement des tassements par rapports aux années 80 et 90.
- **Ralentissement du basculement** de la tour du clocher.
- Est-ce que les injections solides sous la tour ont ralenti le basculement ?
- Effet favorable de la collecte des eaux de ruissellement autour de l'édifice.
- **Structure : analyse de la stabilité de la Tour** du clocher. Et la charpente en bois de la toiture.

# ETUDE STRUCTURE TOUR DU CLOCHER 2016

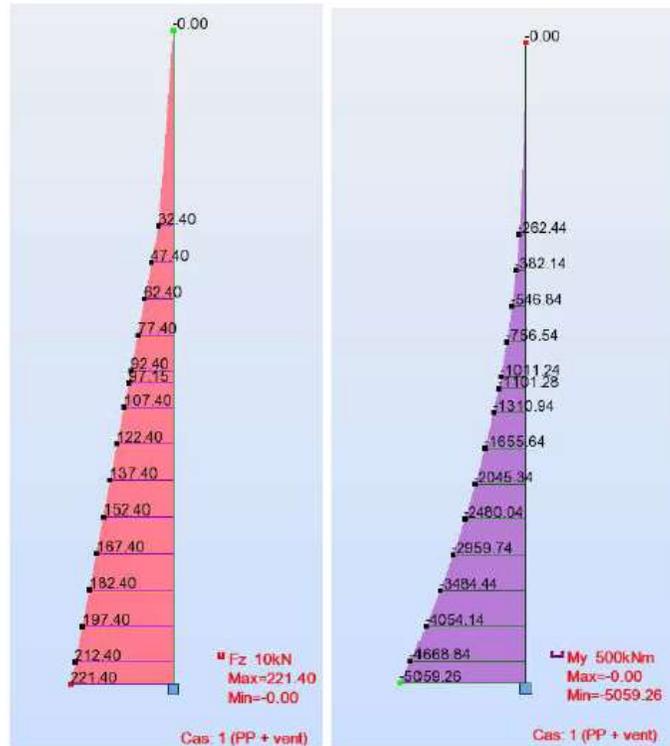


- Effet de l'inclinaison de la Tour,
- Stabilité et efforts internes sous l'action du vent,

région vent	$V_{b,0}$ [m.s <sup>-1</sup> ]	$C_{dir}$	$C_{season}$	$V_b$ [m.s <sup>-1</sup> ]
2	24	1	1	24

- La structure dessinée sur Autocad et modélisée sous Robot,
- Une valeur caractéristique de la résistance de la maçonnerie (pierre et mortier) à 8.3 MPa.
- Une valeur de calcul de la résistance de la maçonnerie à  $8.3/3 = 2.8$  MPa

# ETUDE STRUCTURE TOUR DU CLOCHER 2016



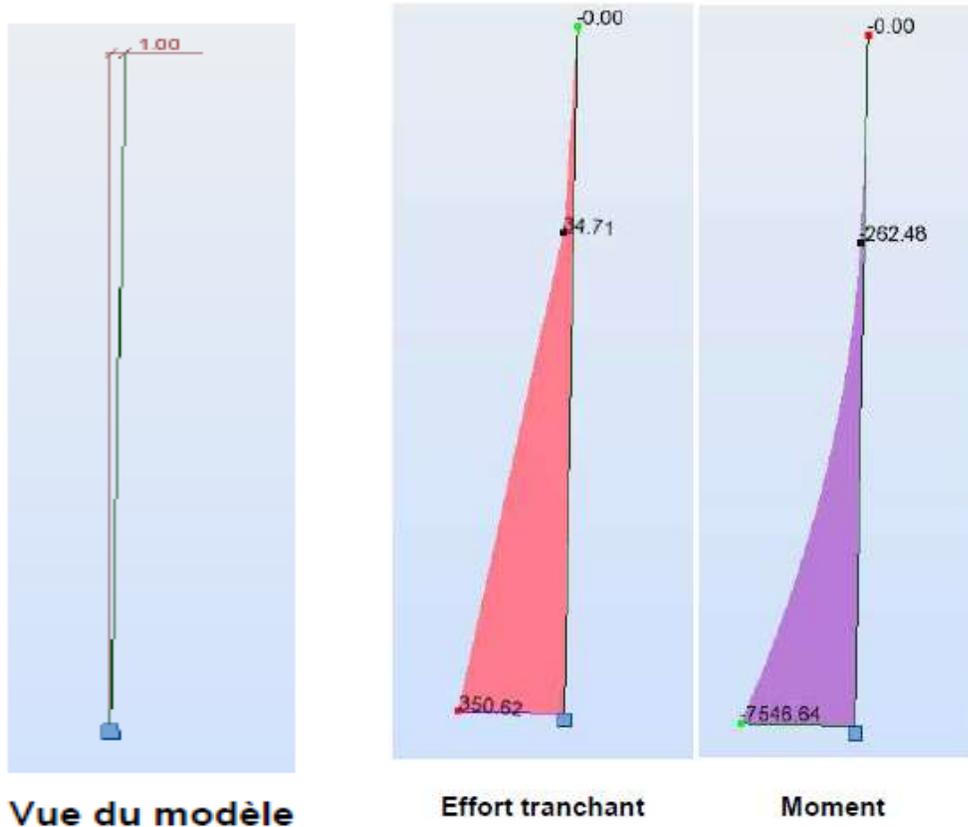
Effort tranchant

Moment

$\sigma_N$ [MPa]	$\sigma_M$ [MPa]	$\sigma_{totale}$ [MPa]
0.49	1.19	1.67
0.46	1.09	1.55
0.41	0.95	1.36
0.37	0.82	1.18
0.32	0.69	1.02
0.28	0.58	0.86
0.23	0.48	0.71
0.18	0.39	0.57
0.14	0.31	0.45
0.17	0.55	0.72
0.14	0.41	0.55
0.10	0.30	0.40
0.06	0.21	0.27
0.01	0.14	0.16
MAX =		1.67

Analyse de la structure sous vent réglementaire – Structure verticale

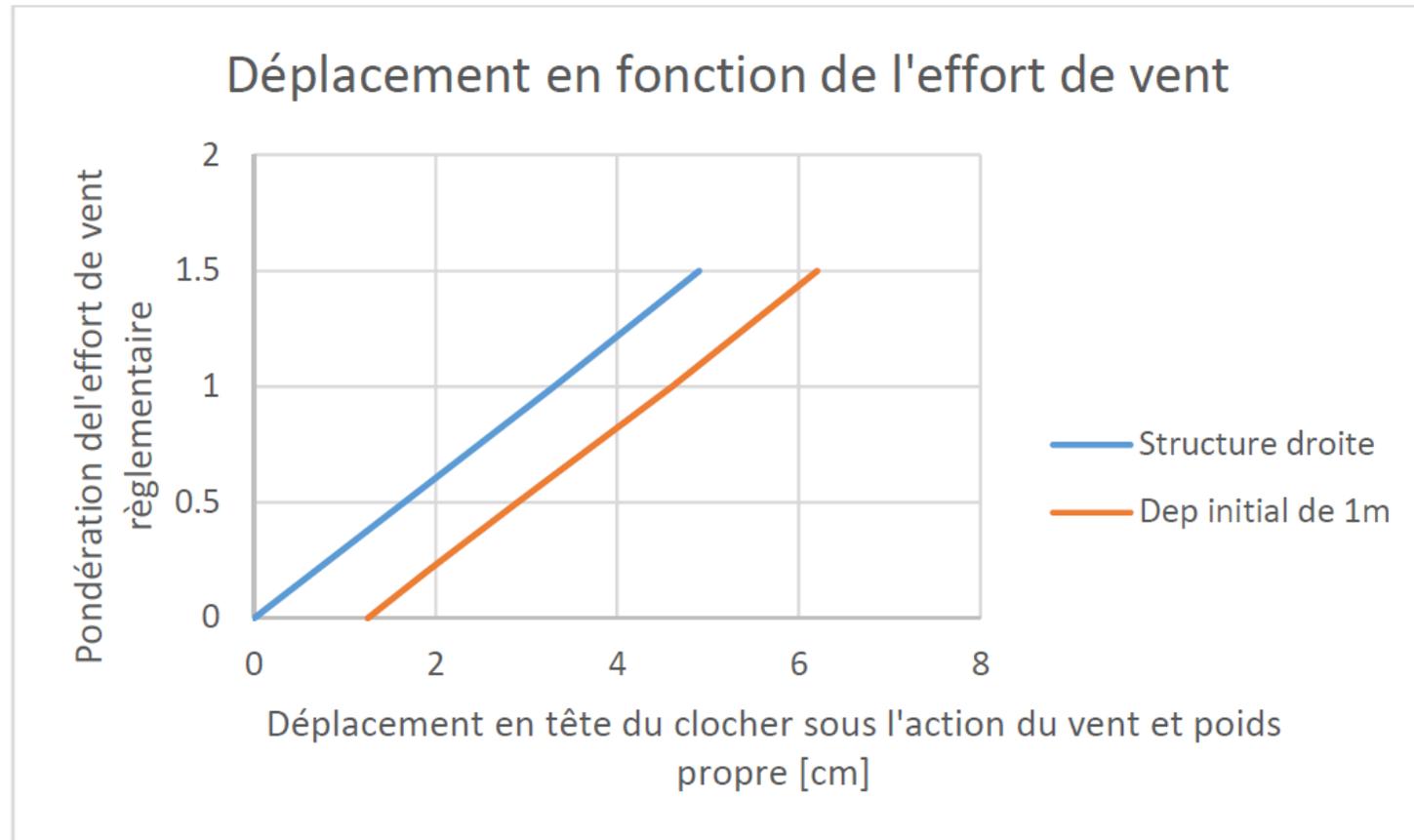
# ETUDE STRUCTURE TOUR DU CLOCHER 2016



$\sigma_N$ [MPa]	$\sigma_M$ [MPa]	$\sigma_{totale}$ [MPa]
0.49	1.77	2.26
0.47	1.62	2.09
0.43	1.40	1.83
0.39	1.19	1.58
0.35	0.99	1.35
0.31	0.82	1.14
0.28	0.66	0.94
0.24	0.53	0.76
0.20	0.40	0.60
0.27	0.70	0.97
0.21	0.50	0.71
0.14	0.34	0.48
0.08	0.22	0.30
0.01	0.14	0.16
MAX =		2.26

Analyse de la structure avec un déplacement en tête de 1 m (inclinaison de la tour) et vent réglementaire.

# ETUDE STRUCTURE TOUR DU CLOCHER 2016



Analyse de la structure avec un déplacement initial de 1 m

# ETUDE STRUCTURE TOUR DU CLOCHER 2016

Charge du vent majorée – pondération 1.5

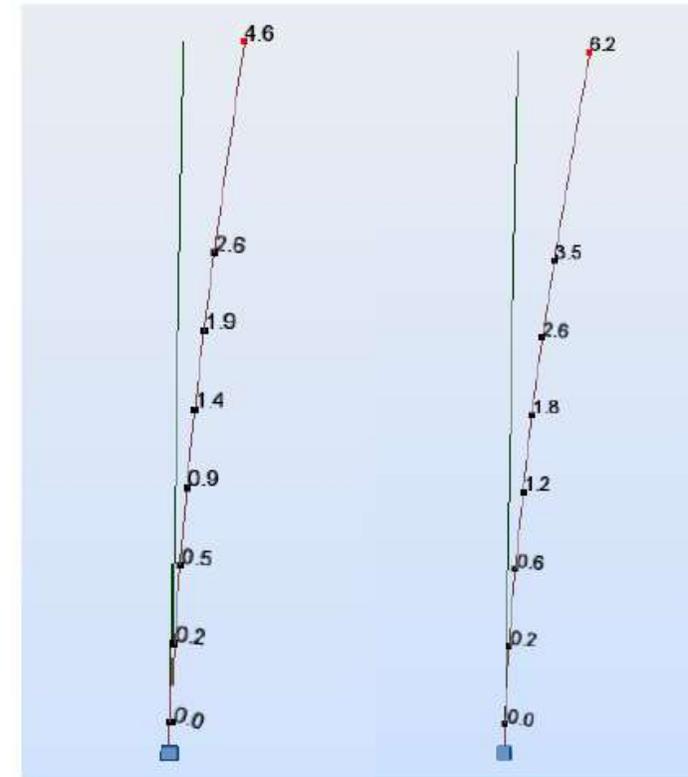
Le glissement des pierres :  $\frac{T}{N} = 0.41 > 0.39$

Excès de contrainte de compression :

$$\sigma_{\max} = 2.9 \text{ MPa} > \sigma_{\lim} = 2.8 \text{ MPa}$$

Situation qui peut devenir critique

Déplacements en cm



Effort réglementaire

Cas pondéré (x1.5)

Poursuite des auscultations. Réflexion sur le matériel de mesure à mettre en place

Quel type de confortement structurel et des sols en place ?

**Merci pour votre attention**

Arcadis.  
Improving quality of life.