



Demi - journée Scientifique et Technique - 18 octobre 2019

Histoire et Géotechnique

# Histoire, diagnostic et confortement de l'église Saint-Bernard (Lyon)

*Fabrice EMERIAULT (Laboratoire 3SR Grenoble)*



# Eglise Saint Bernard – Lyon 1er



# Historique de la construction

Eglise construite par l'architecte Tony DESJARDINS entre 1857 et 1866

Vitraux réalisés par le verrier Lucien BEGULE

La façade sud devait comporter un clocher et un double escalier monumental permettant l'accès à la place Colbert.

Ces travaux n'ont pas été réalisés faute d'argent, semble-t-il.

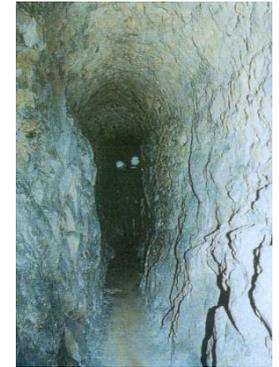
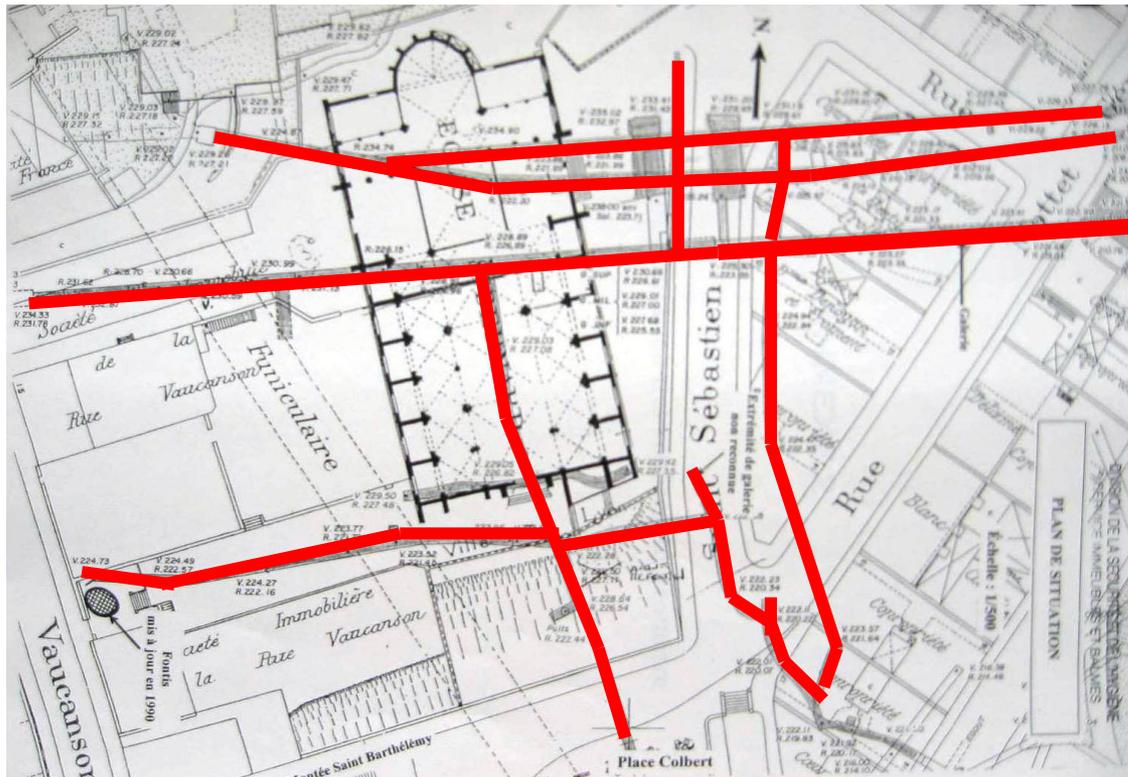


Fig. 1. Eglise Saint-Bernard (1<sup>er</sup> arrondissement). Elevation de la façade principale, par Tony Desjardins, architecte, 1852.  
Lyon, Archives municipales, 475 Wp 5. (Reprod. J. Gastineau/A.M.L., 3 Ph 34204).

# Contexte

Zone de Protection du Patrimoine Architectural Urbain et Paysager (ZPPAUP)

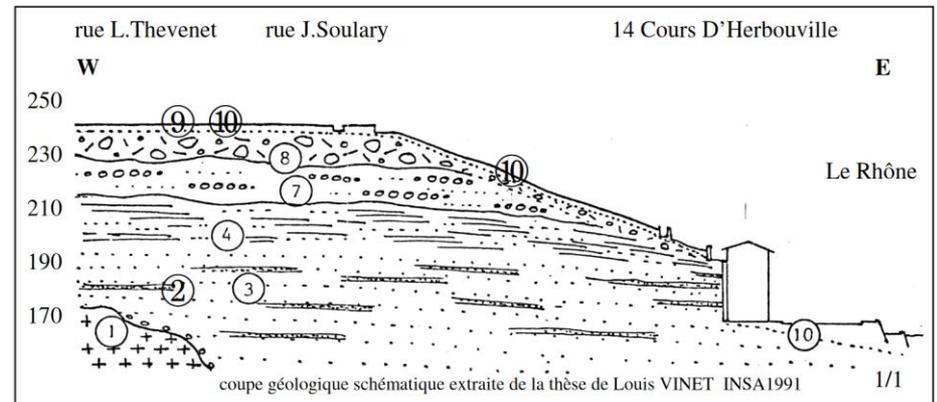
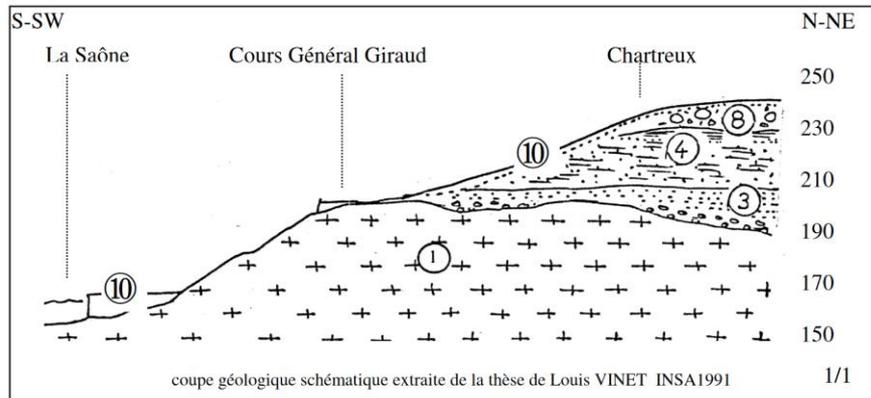
Zone à Risques Géotechniques (ZRG): présence de nombreuses galeries mais pas toutes reconnues



Plusieurs immeubles du secteur Adamoli-Magnenal démolis vers 1960: présence de galeries en cours d'effondrement

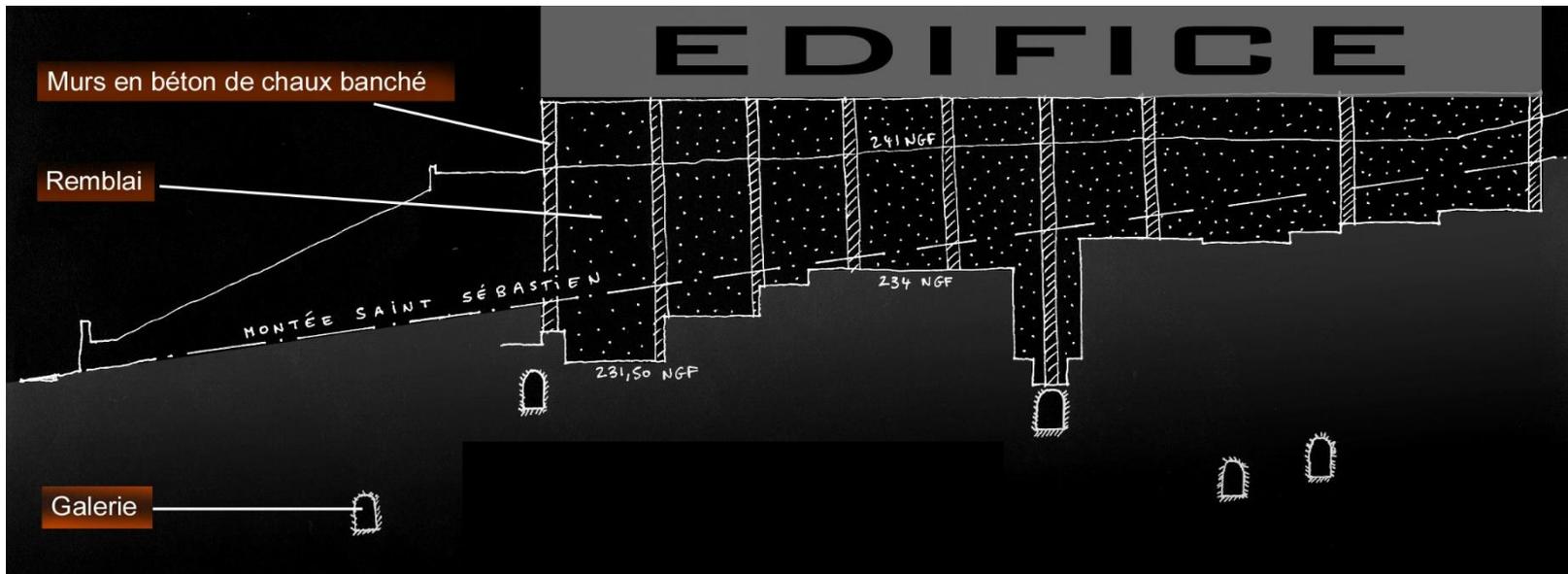
# Contexte géologique

- remblais anciens surmontant
- des moraines argileuses ou graveleuses,
- le tout reposant sur des formations du tertiaire (couches argilo-sableuse du Miocène – argiles conglomératiques)



# Fondations de l'ouvrage

- Fouilles en pleines masses **réalisées en escalier** suivant la pente de la montée Saint-Sébastien en décapant les couches superficielles jusqu'au **terrain sablo-graveleux (moraines)**.
- **Remblaiement des cavités** entre les murs de fondations fur et à mesure de l'avancement des travaux
- **Présence de galeries** reconnue dès la construction de l'édifice avec des **surcreusements** (jusqu'à 4,5m localement)



# Historique des désordres

En 1888, lors de la construction du funiculaire, des affaissements de terrain et d'importants désordres (au niveau des murs et du sol de l'angle Sud-Ouest) affectent l'église.

**Des travaux gigantesques de confortement des fondations ont été réalisés dans les années 1900.**

L'édifice a continué à "bouger": de nouvelles fissures sont apparues en 1947 et plus tard, en 1969, des chutes de pierres se sont produites sur la place COLBERT en provenance du mur de soutènement Sud.

En 1983, un architecte constate des écoulements d'eau par une fissure côté montée Saint SEBASTIEN.

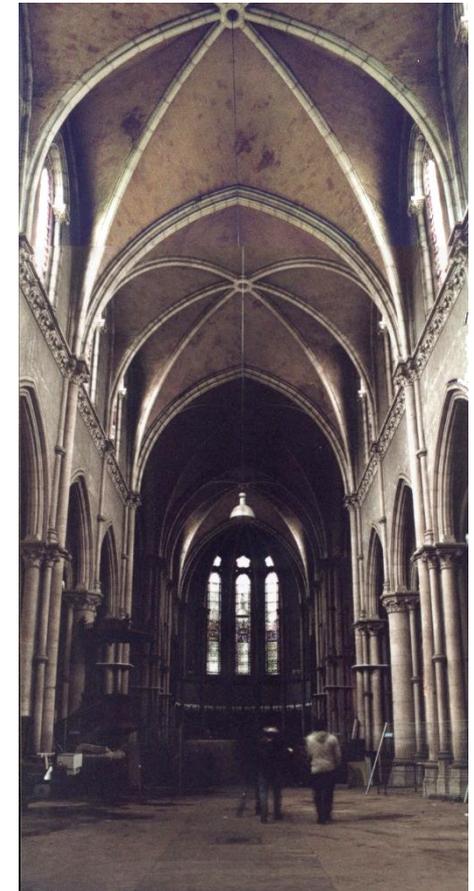
La Ville de LYON fait alors procéder à une surveillance régulière des ouvrages.

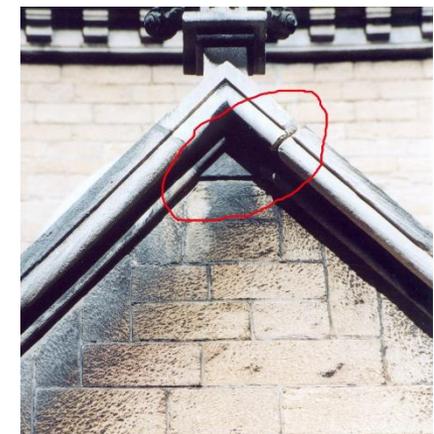
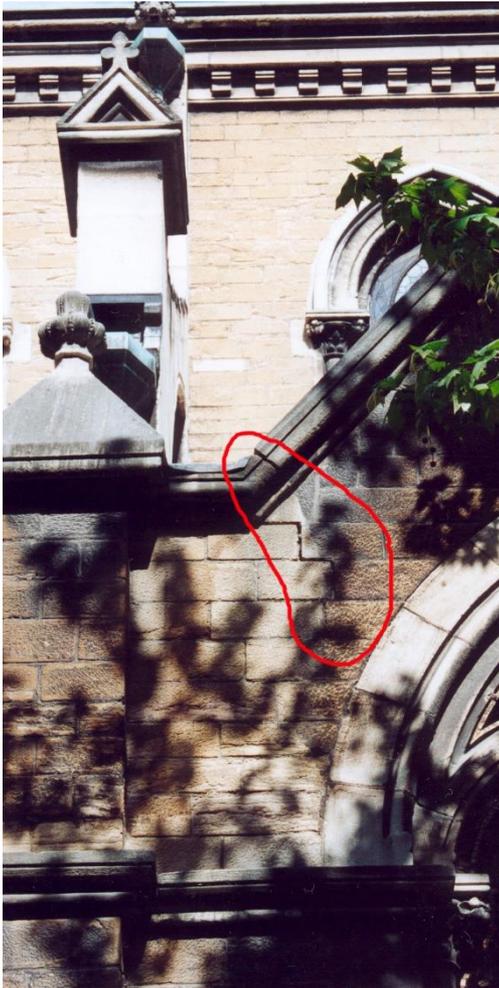


# Historique des désordres

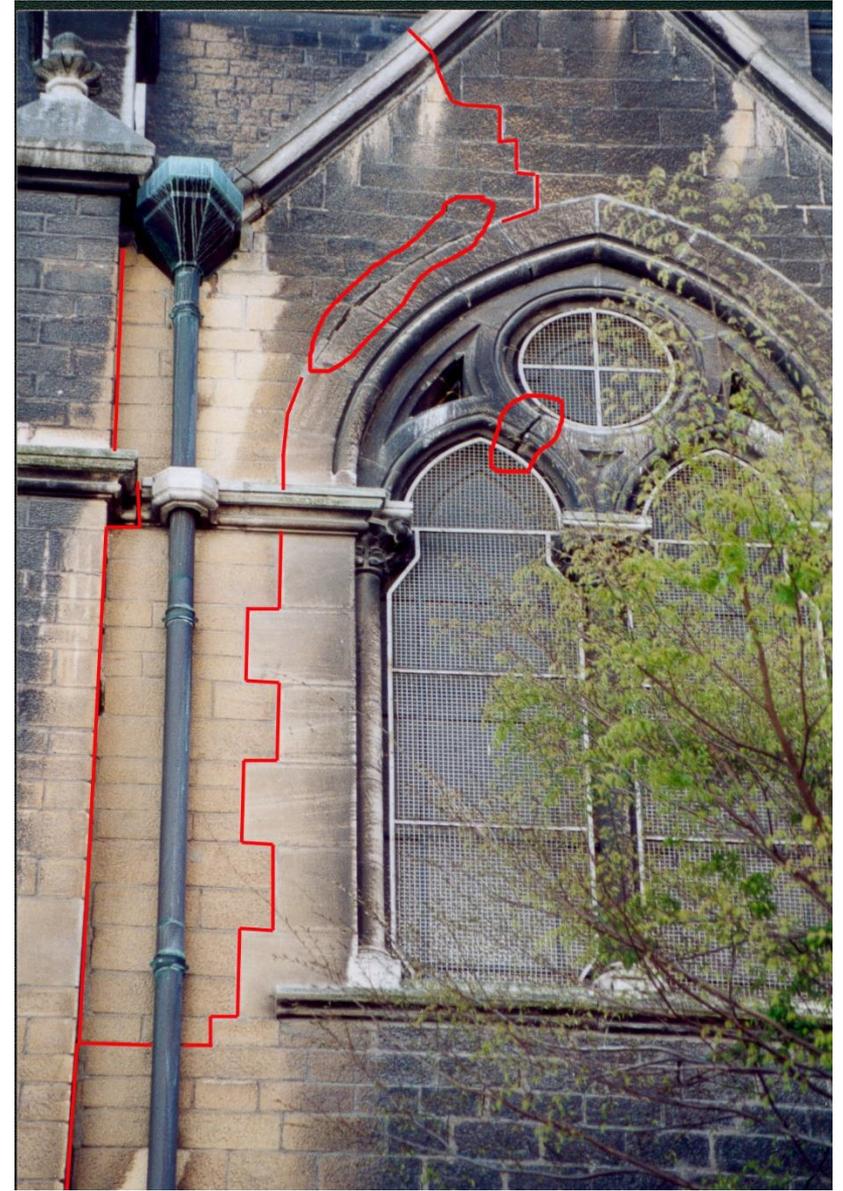
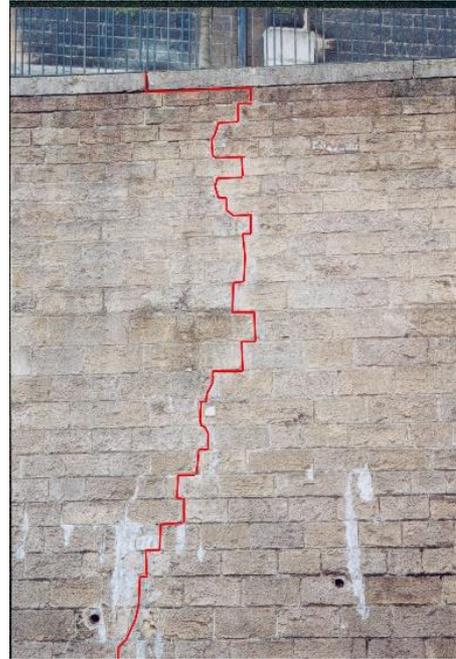
Entre 1991 et 1992 les mouvements s'accélérent : le curé de la Paroisse fait état de nouvelles fissures importantes ainsi que de l'éclatement de dalles au sol côté Sud-Est de l'église.

- Fissuration des parois verticales des **quatre premières travées**
- Ouverture des fissures jusqu'à **2 ou 3 cm**
- Localisées dans les **zones de remplissage en maçonnerie**, les corniches et la structure des baies
- Les dallages de la nef et des bas-côtés ont subi des **tassements importants** (jusqu'à 4 cm), notamment dans la partie sud-est qui n'a pas subi de confortement





- Grandes fissures localisées sur les chapelles latérales (3<sup>e</sup> travée)  
= **mouvement de l'édifice dans son ensemble**



# Historique des désordres

Entre 1992 et 1996, une série de mesures préconisées par la Commission des Balmes sont engagées par la Ville de Lyon :

- Surveillance de l'édifice par un géomètre ;
- Installation d'une structure bois destinée a supporter la travée Sud -Est;
- Une série de témoins est placée sur les fissures;

**Entre temps l'accès de l'édifice est interdit au public et l'église est désacralisée.**



# Diagnostic et surveillance

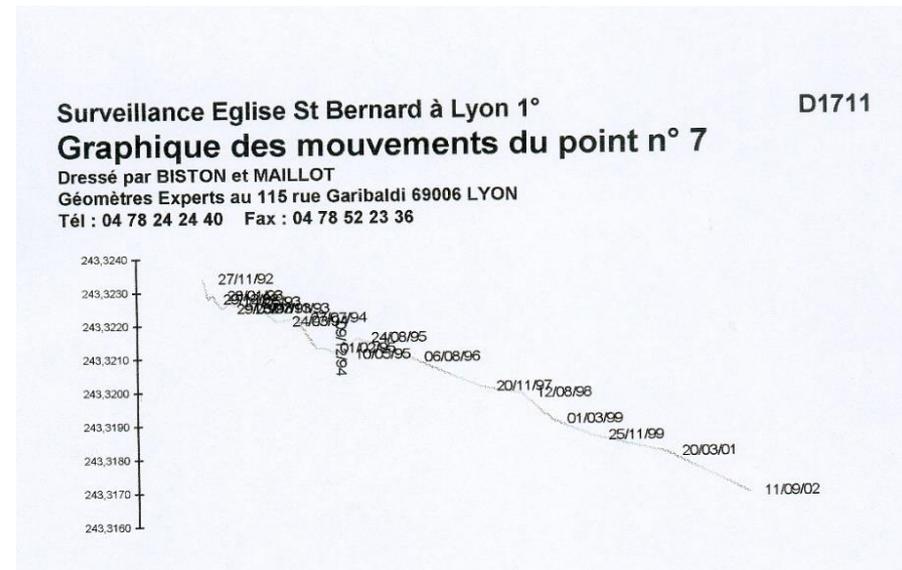
De 1992 à 2002, une surveillance de l'ouvrage est effectuée (essentiellement par mesures topographiques).

Les surveillances comprennent :

- l'intérieur de l'église
- l'extérieur des façades Sud et Est
- le mur de soutènements de la montée Saint Sébastien
- les galeries de drainage situées sous l'église

Les mouvements sont observés sur les murs de l'église dans la zone Saint Sébastien - Colbert

Aucun mouvement significatif n'est enregistré sur les murs de soutènements et les galeries.

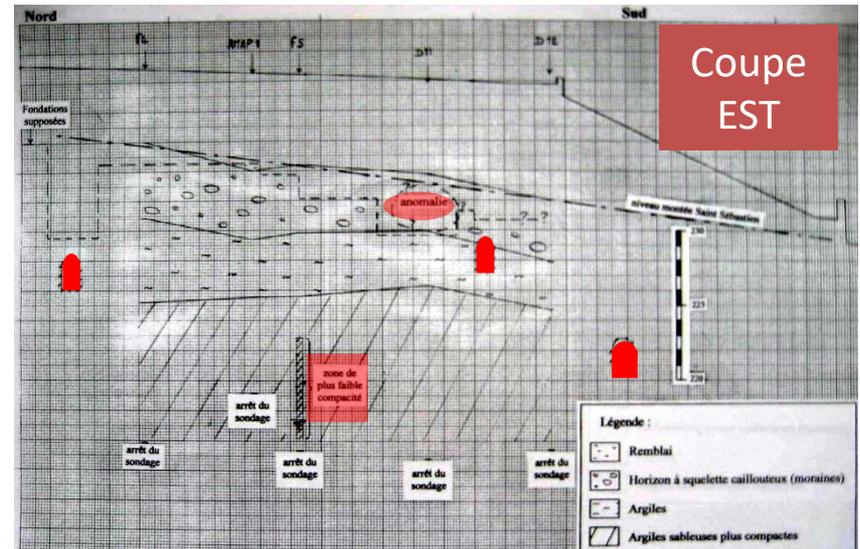
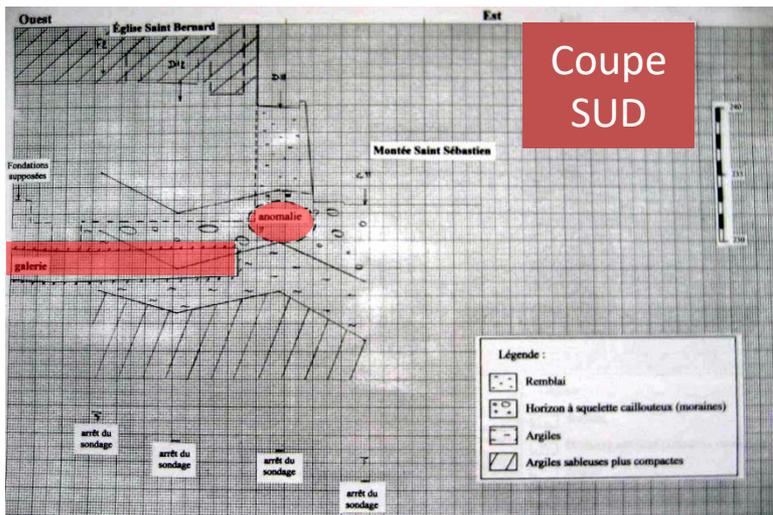


Pilier extérieur sud = 7 mm de tassement en 10 ans

# Etude géotechnique

En 1994, un diagnostic géotechnique conclut à une très mauvaise qualité des terrains d'assise de l'église mais sans exclure un glissement d'ensemble du bâtiment côté Sud et la présence éventuelle d'un vide sous-jacent dû à l'effondrement d'une galerie non reconnue.

Une nouvelle étude géotechnique assortie d'un lien structurel est réalisée en 2002.



- La moraine recouvre deux couches d'argiles distinctes au comportement mécanique différent
- Anomalies dans les terrains à 10m et 24m de profondeur

# Hypothèses

- ***D'ordre géotechnique*** - *Des mouvements de sol résultent de:*
  - la pente
  - des caractéristiques mécaniques d'argiles (fluage) et des terrains de couverture
  - de la présence de vides, décompression ou galeries non connues (angle sud-est de l'église)
  - des vibrations induites par le funiculaire
  
- ***D'ordre structurelle*** :
  - rotation de la façade non butée par le clocher et les contreforts inachevés .
  - infiltration d'eaux en divers points de la structure et en pied de façade

# Démarche adoptée par la Ville de Lyon

➤ ***Eglise désacralisée en 1999: la Ville de Lyon en devient responsable:***

1 – suivi des désordres.

2 – gestion des désordres

3 – définition de l'avenir de l'église (destruction, confortement, ...)

4 – identification de l'origine des désordres par une instrumentation complexe et l'interprétation fine des résultats

5 – travaux de reprise de l'étanchéité des toitures, du sol extérieur au sud et à l'est de l'ouvrage (infiltration d'eaux)

6 – pose de 2 paires de tirants au niveau du haut des piliers de la nef en 2007



# Instrumentation 2004 -2010

## ➤ *Instrumentation (mise en place Janv-Fev 2004):*

- 1 – suivi topographique automatisé.
- 2 – mesure d'inclinaison de piliers (bi-directionnel et automatisé)
- 3 – fissuromètres bidirectionnels
- 4 – capteurs de température

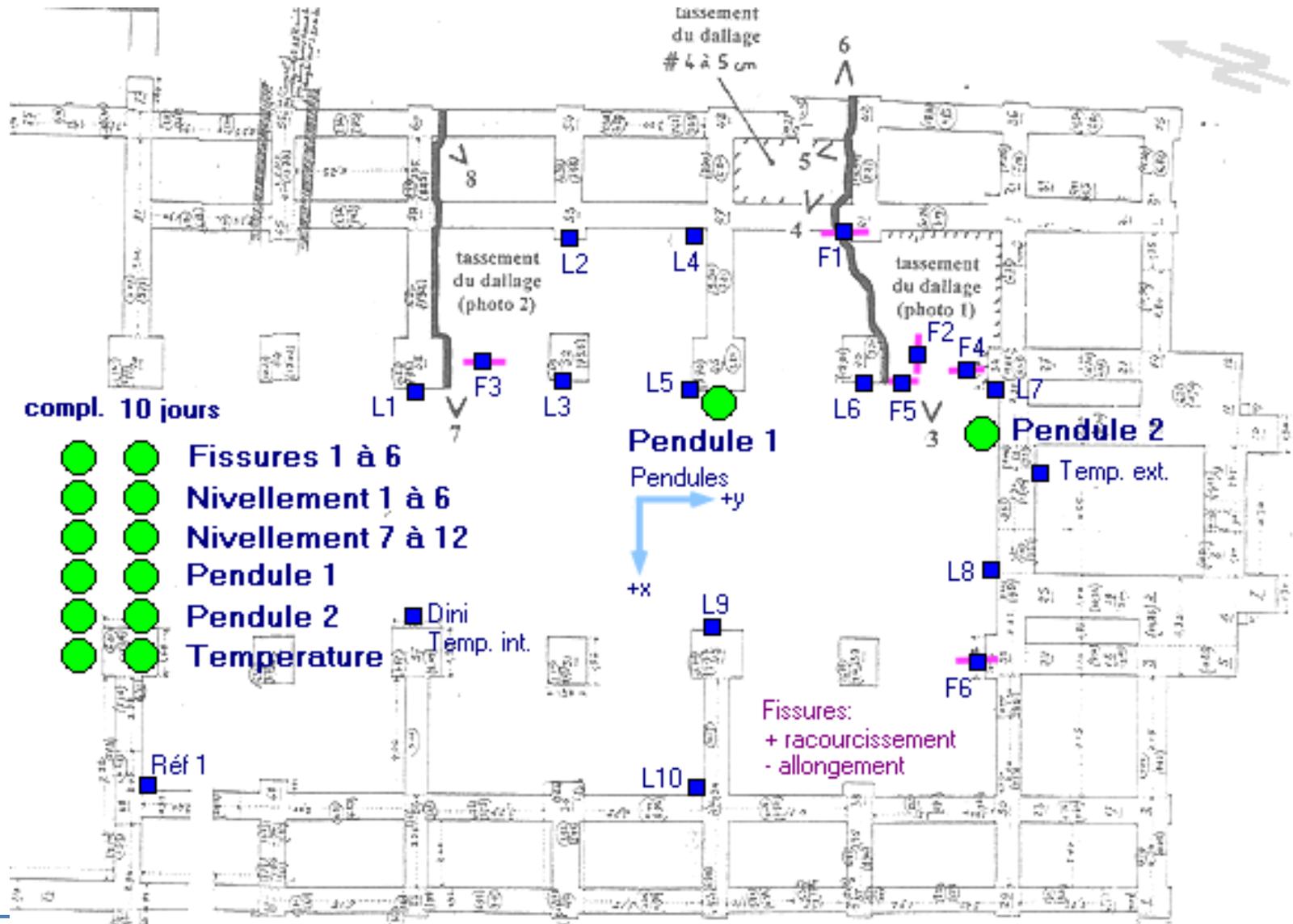
## ➤ *Acquisition et transmission des mesures:*

- **Système Geomonitor (Solexperts): traitement instantané des mesures**
- **Alerte automatique du Service Sécurité Ville de Lyon (en cas de dépassement de critères prédéfinis)**

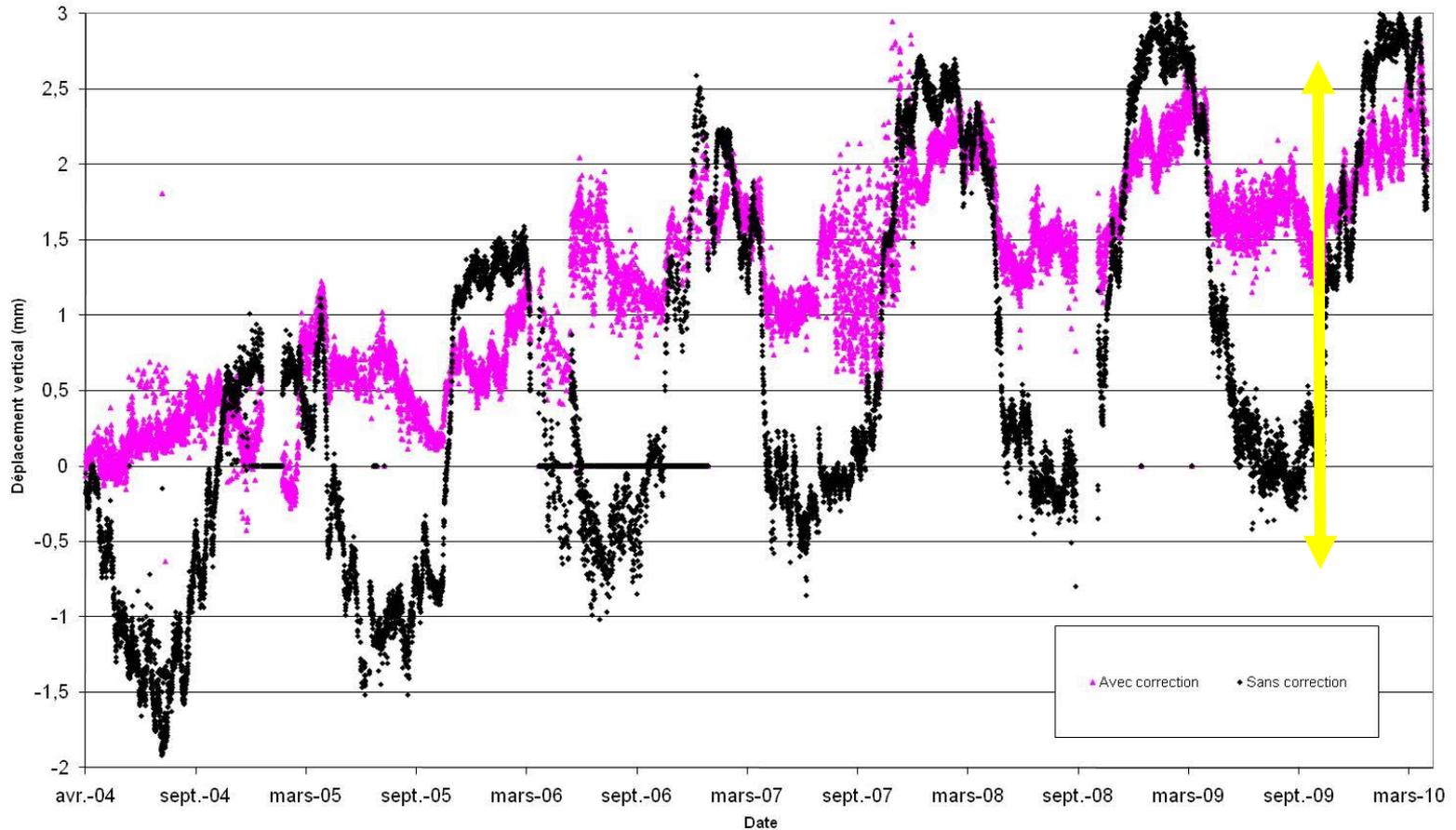
## ➤ *2 phases:*

- **Identification du comportement de la structure**
- **Vérification de l'effet positif des travaux après 2007**

# Positionnement de l'instrumentation



# Nivellement

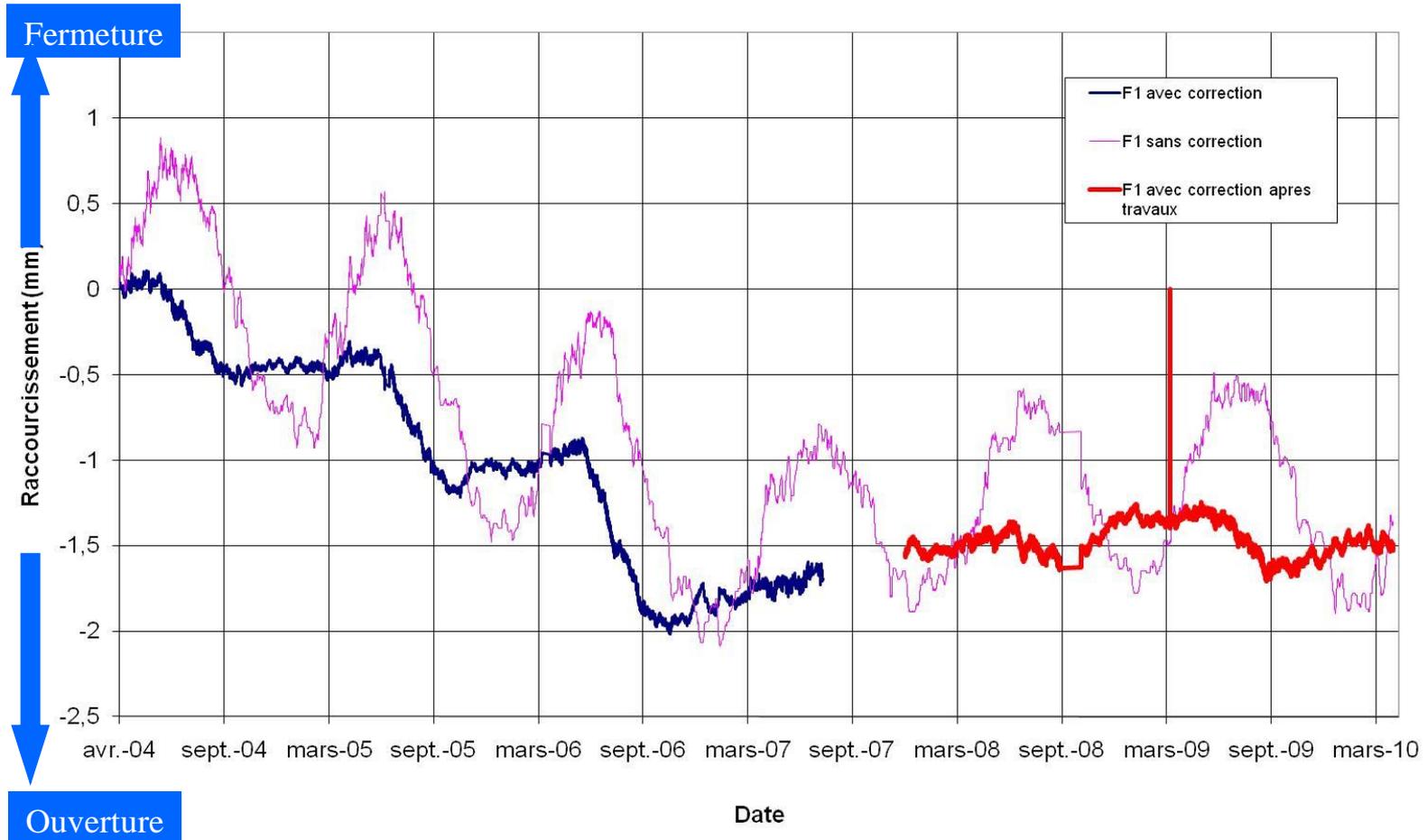


Mouvements « bruts » corrélés avec la température

Mouvements corrigés de la température limités mais avec phénomène d'accumulation qui s'est infléchi depuis les travaux de l'été 2007

Mêmes observations pour les autres points: Peu ou pas de mouvement différentiel

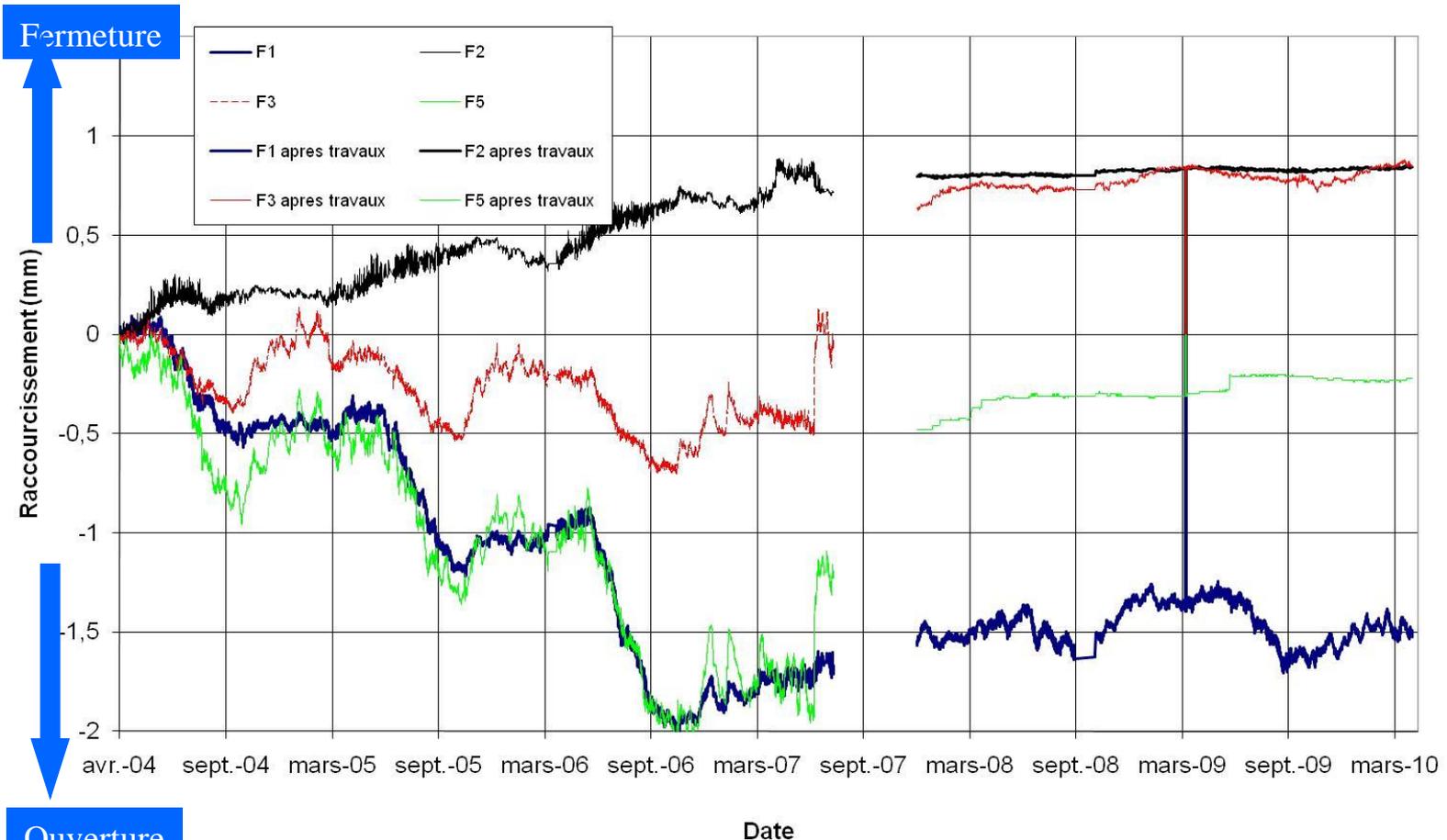
# Fissuromètre F1



Accumulation des déplacements corrigés d'environ 0.5 mm d'ouverture par an jusqu'au début des travaux

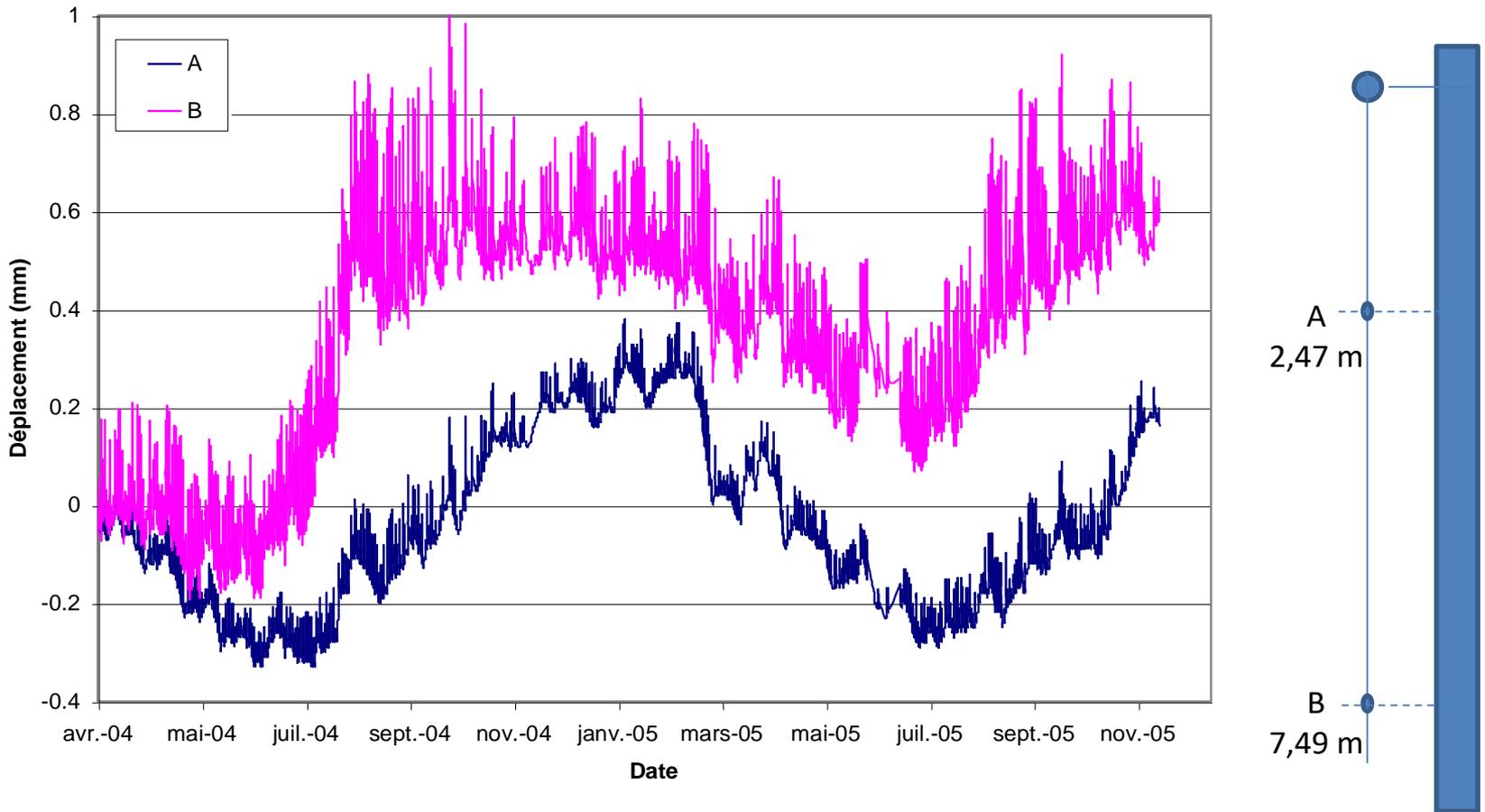
Stabilisation de l'ouverture de fissure depuis la pose du tirant

# Fissuromètres



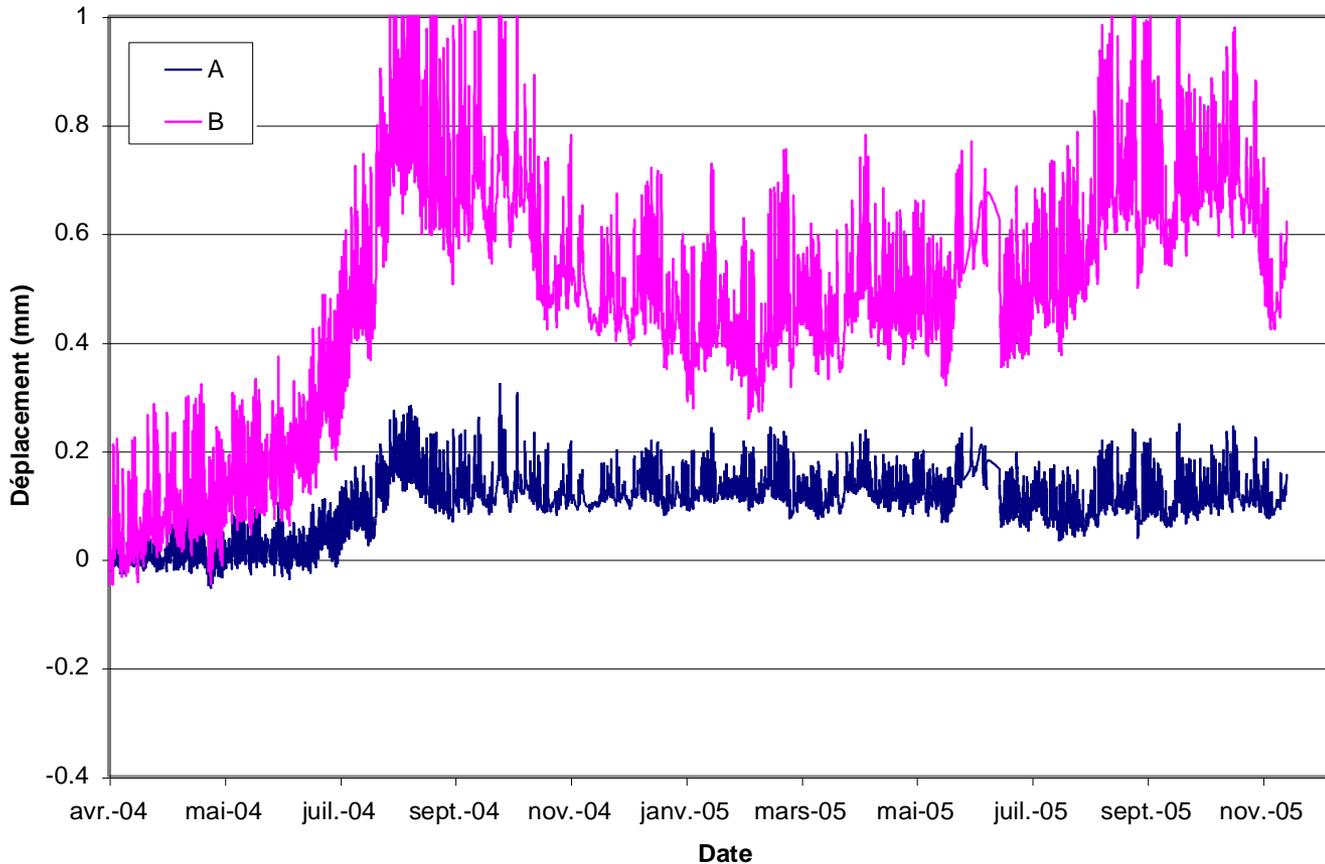
Mouvements semblables pour F1, F3 et F5 (orientés Nord-Sud)  
Mouvement de 0.25 mm/an pour F2 (déplacement perpendiculaire à F5)  
Mouvements très faibles pour F4 et F6 (fissures non actives)

# Mesures d'inclinaison par pendule



A bien corrélé avec la température, pour B le phénomène est moins marqué

# Mesures d'inclinaison par pendule



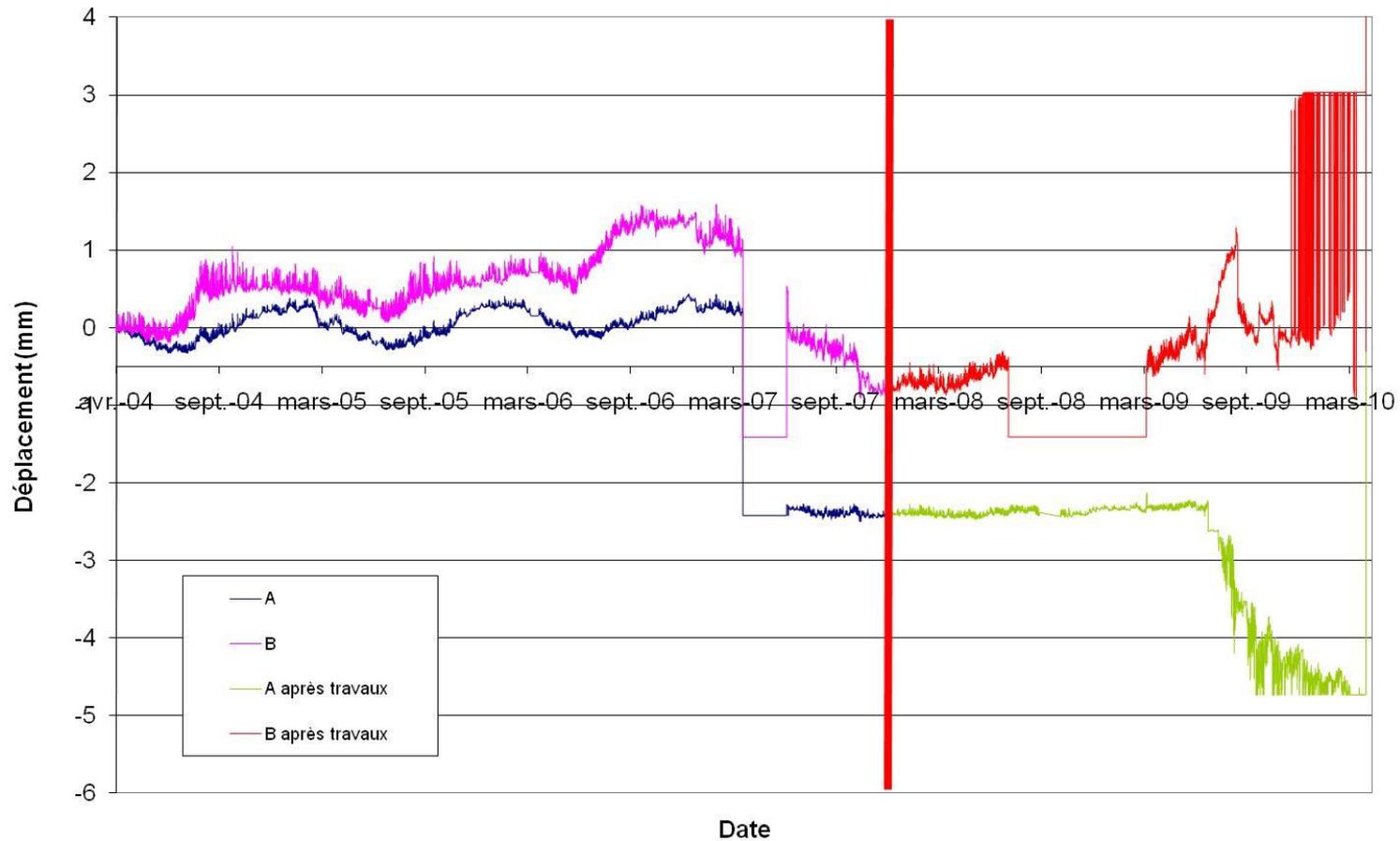
Après correction, mouvements faibles (0.15 et 0.45 mm)

Rapport proche de celui des bras de levier (2.47 / 7.9)

Déplacement 0.45 mm comparables à ceux de F1, F3 et F5 à la même hauteur

**Mouvement majoritairement de rotation d'ensemble de la façade**

# Mesures d'inclinaison par pendule



Effet des travaux sur A (redressement vers le Nord) sensiblement stabilisés  
Capteur défectueux après juin 2009

# Conclusion

- Accumulation saisonnière des déplacements
- Pas de tassement mesuré par nivellement
- Déplacement horizontal de 0.5 mm par an (fissuromètres et pendule sur façade) vers l'aval
- Comportement essentiellement en rotation de la façade – Hypothèse structurelle validée
- Mais entre 1992 et 2003 des mouvements de sol ont été enregistrés (2 mm en 5 an à la base de certains piliers)
- Mouvements de sol sûrement liés à l'infiltration d'eaux mal contrôlées
- Parallèlement à la mise en place de l'instrumentation, quelques travaux de reprises des EP et d'étanchement des fosses en pied de façade ont permis l'arrêt des mouvements de sol

# Conclusion

- Effet bénéfique notable de la pose du tirant
- Modification très importante du mécanisme d'ouverture de fissure (en particulier les fissures principales Nord-Sud)
- Modification des évolutions saisonnières avec la température
- Stabilisation des mesures de nivellement depuis les travaux
- Mouvements stabilisés du pendule 2: redressement lors de la mise en place du tirant et depuis très forte limitation du déversement de la façade / pas ou peu d'accumulation annuelle

# Solutions envisagées

- Démolition : hypothèse de 1997 – 2M€
- Réhabilitation: hypothèse de 1998 - reprise des fondations, de la superstructure, des enduits – 6,5 M€
- Réhabilitation: hypothèse de 2002 - reprise des fondations par 240 micropieux 27 ml + poutres BA et dalle – 1,5 M€
- Travaux de structure: hypothèse de 2006 – mise en place de tirants au haut des piliers – 0,4 M€

# Epilogue ?

- Projet envisagé:
  - Restaurant en façade sud
  - Agora
  - Locaux d'entreprises type startup
  - Salles de réunions
- PC accordé en 2017
- Mais attaqué ....



# Remerciements

Ville de Lyon: G. Pasini, N. Bouillod, P. Burdillat



VILLE DE LYON

SolExperts: M. Piedevache



INSA Lyon: L. Vinet

