

# Une approche d'ingénieur pour la justification de voutes en maçonnerie

O. Moreno Regan (setec tpi, France)

## 1. Introduction

Actuellement, il existe de modèles de calcul non linéaires de plus en plus sophistiqués pour l'évaluation de la stabilité, mais ils ne sont pas accompagnés d'un cadre réglementaire.

Dans les modèles numériques il a été observé que:

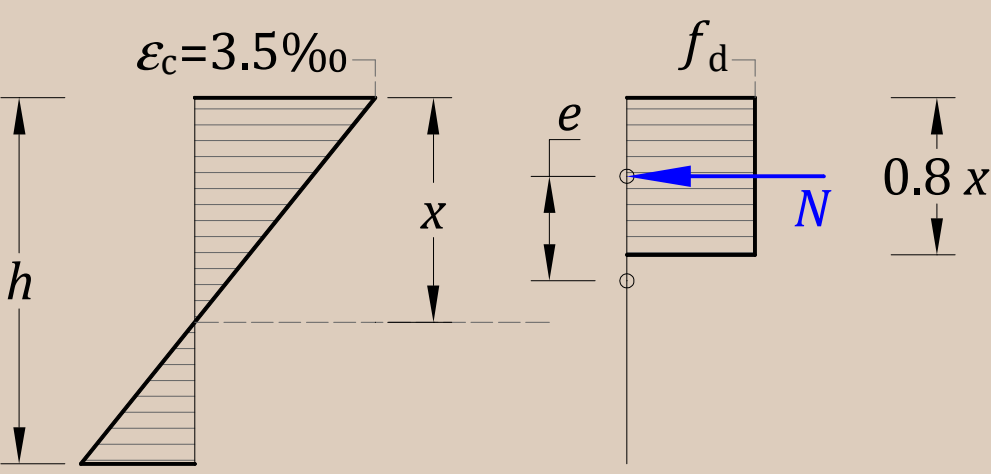
- Les contraintes de compression maximales peuvent se monter dépendantes nombreux facteurs numériques,
- Les déplacements, et en particulier les rotations de la voûte, étaient moins dépendantes de la configuration numérique

L'idée : proposer un critère pratique pour vérifier la formation d'un mécanisme lors des analyses MEF non linéaire, soit la capacité de rotation.

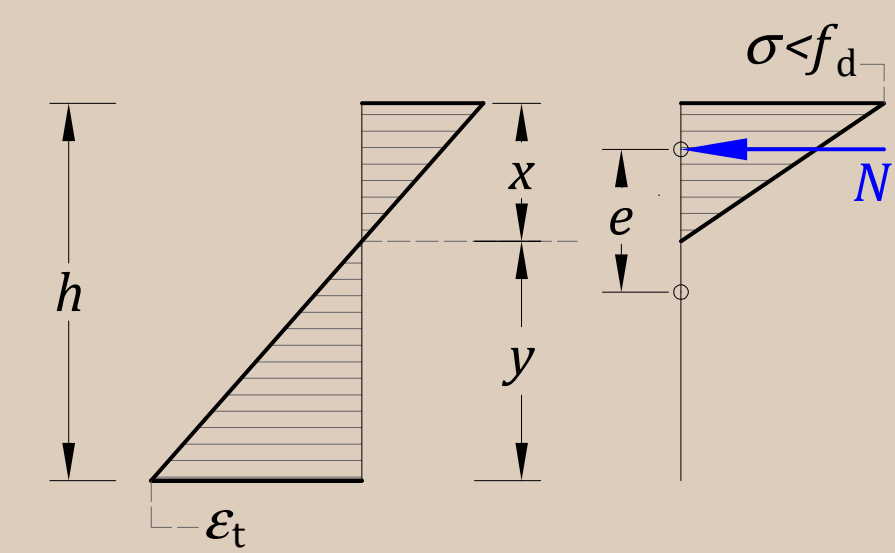
## 2. États limites ultimes

Au droit des rotules, la ruine peut se produire :

- soit par l'écrasement de la maçonnerie (atteinte de la résistance à la compression)



- soit par la formation d'un mécanisme (perte d'équilibre) sans atteindre la résistance à la compression



→ On étudie seulement ce dernier.

## 6. Conclusions

- On peut déduire une rotation maximale à partir d'une déformation maximale imposée.
- Malgré la simplicité de l'approche, la formule produit des bons résultats.
- La voûte est potentiellement stable si les résultats du modèle MEF montrent que :

$$\theta \leq \theta_{\max}$$
$$\sigma_{Ed} \leq f_d$$

### La suite ?

Intégration de coefficients partiels suivant la philosophie des Eurocodes. Validation suivant une approche énergétique.

(Ce gars a fait une thèse sur ce sujet)



O. Moreno Regan

## 3. Capacité de rotation

Principe: L'état limite ultime d'une voûte en maçonnerie, occasionné par l'apparition d'un mécanisme, se produit lorsqu'au droit d'une des rotules la rotation excède une rotation maximale  $\theta_{\max}$ .

Hypothèses :

- La voûte se comporte comme une poutre (pas de sollicitations biaxiales)
- La répartition de déformations dans la section est linéaire
- La section est en flexion composée
- La rotation maximale est indépendante de la forme géométrique de la voûte

La définition proposée ici de la rotation maximale est :

$$\theta_{\max}^t = 2 \operatorname{atan} \left( \frac{w}{2y} \right)$$

L'ouverture de fissure  $w$  est:

$$w = l_{cs} \varepsilon_t$$

Longueur caractéristique  $l_{cs} = s_j$

Déformation en traction maximale :  $\varepsilon_t \approx 5 - 20\text{‰}$

La hauteur de la fissure est

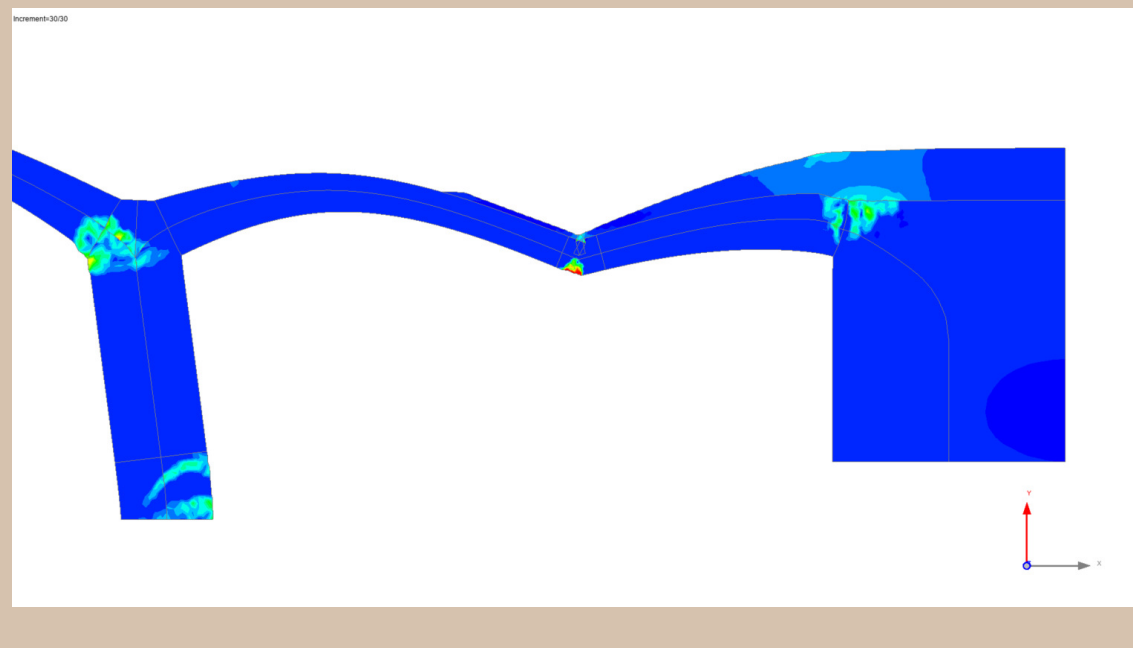
$$y = h - x = \left( 1 - \frac{x}{h} \right) h$$

La hauteur comprimée considérée est  $x/h = 0.05$

## 4. Validation

Dans le cadre du PN Dolmen, le pont d'Osserrain, un pont en maçonnerie de 14 m de portée à 3 travées, a été chargé sous une charge exceptionnelle. Les rotations ont été mesurées.

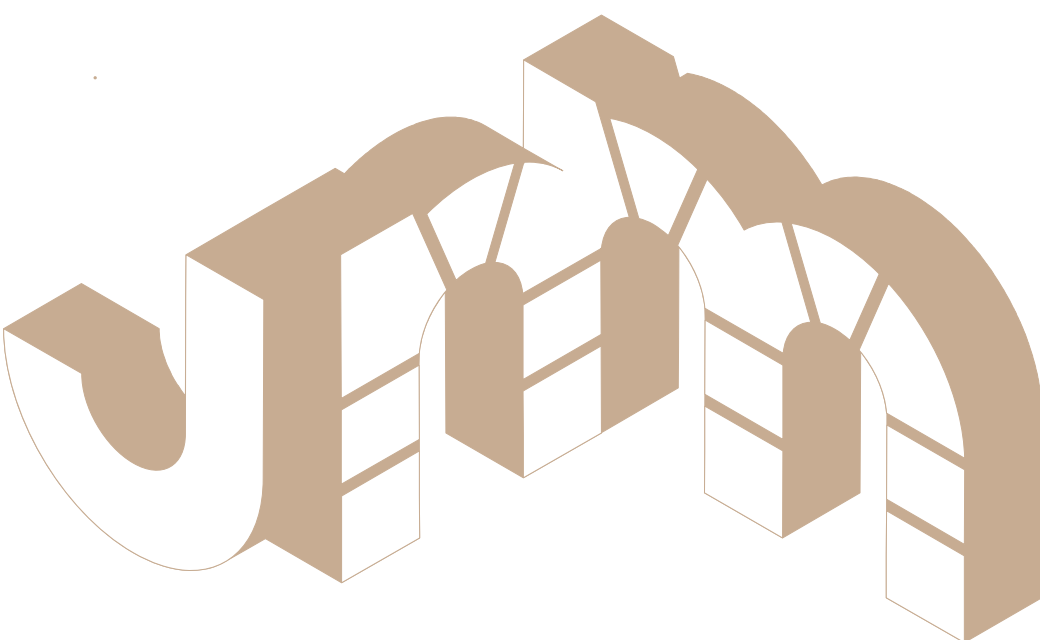
Un modèle numérique a été ensuite bâti et calé pour trouver des résultats semblables à l'expérience.



On calcule la rotation maximale analytique

$$\theta_{\max}^t = 2 \operatorname{atan} \left( \frac{0.25\text{m} \times 10\text{‰}}{2(1 - 0.05) \times 0.43\text{m}} \right) = 351 \text{ m}^\circ$$

La valeur de  $\theta_{\max}$  reste inférieure aux valeurs maximales obtenus numériquement, et supérieure à la dernière valeur mesurée (qui n'atteint pas la rupture).



**setec tpi**  
Omar Moreno Regan  
Ingénieur Principal  
Paris, France

E-mail: [omar.moreno-regan@setec.com](mailto:omar.moreno-regan@setec.com)  
Web: <https://www.tpi.setec.fr>

