

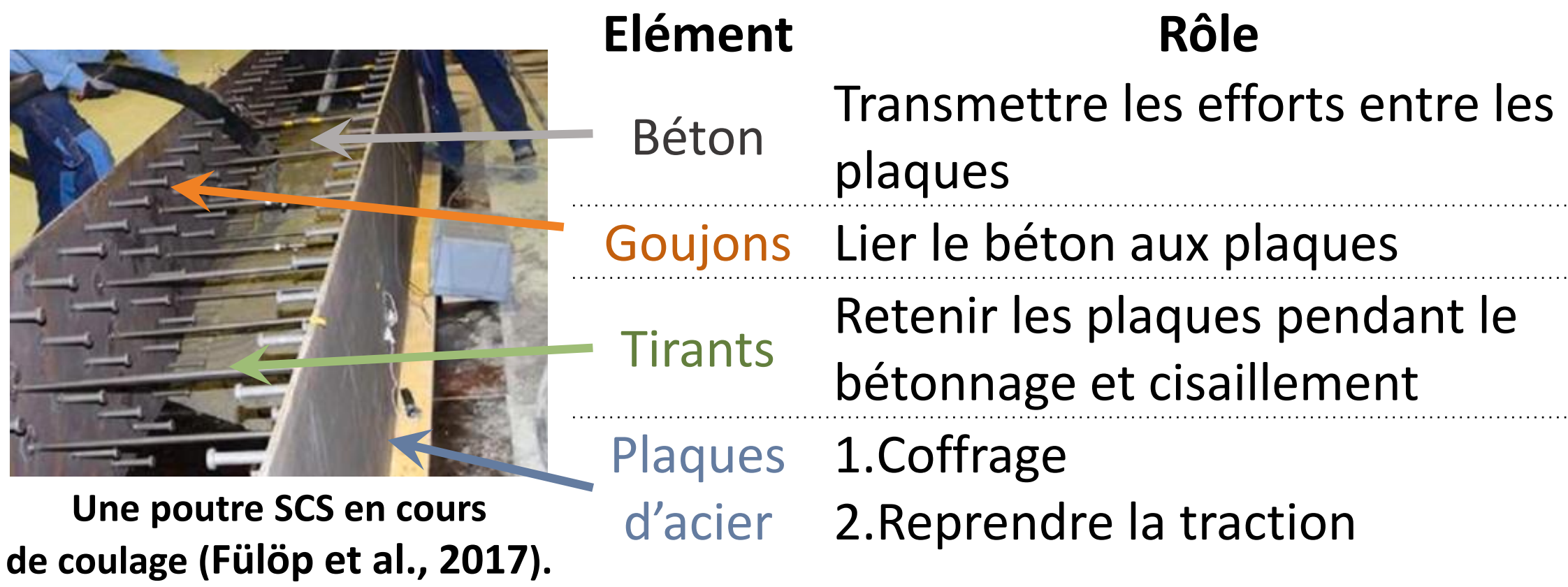
Contexte industriel : structures Steel-concrete (SCS)

Des enjeux de constructibilité :

- Augmenter des cadences sur chantier
- Constructions plus durantes
- Constructions plus étanches

Des défis technologiques

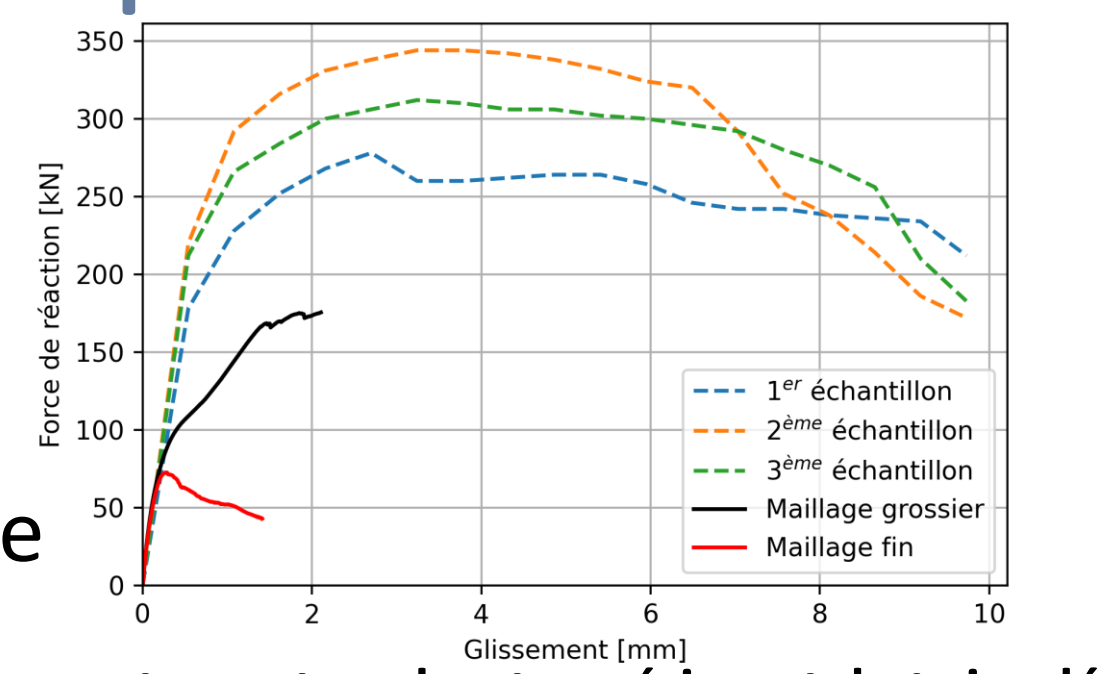
- Le contrôle visuel du béton est impossible à cause des plaques d'acier qui bloquent la vue
- Il s'agit de garantir la performance de la structure, même en cas de défaut invisible dans le béton



Régularisation de la loi de compression du béton

➤ Mise en évidence de la nécessité de régulariser en compression [1] :

Que ce soit sur maillage fin ou grossier, les réponses ne sont pas cohérentes avec les observations expérimentales [2], et on montre que le résultat dépend du maillage.



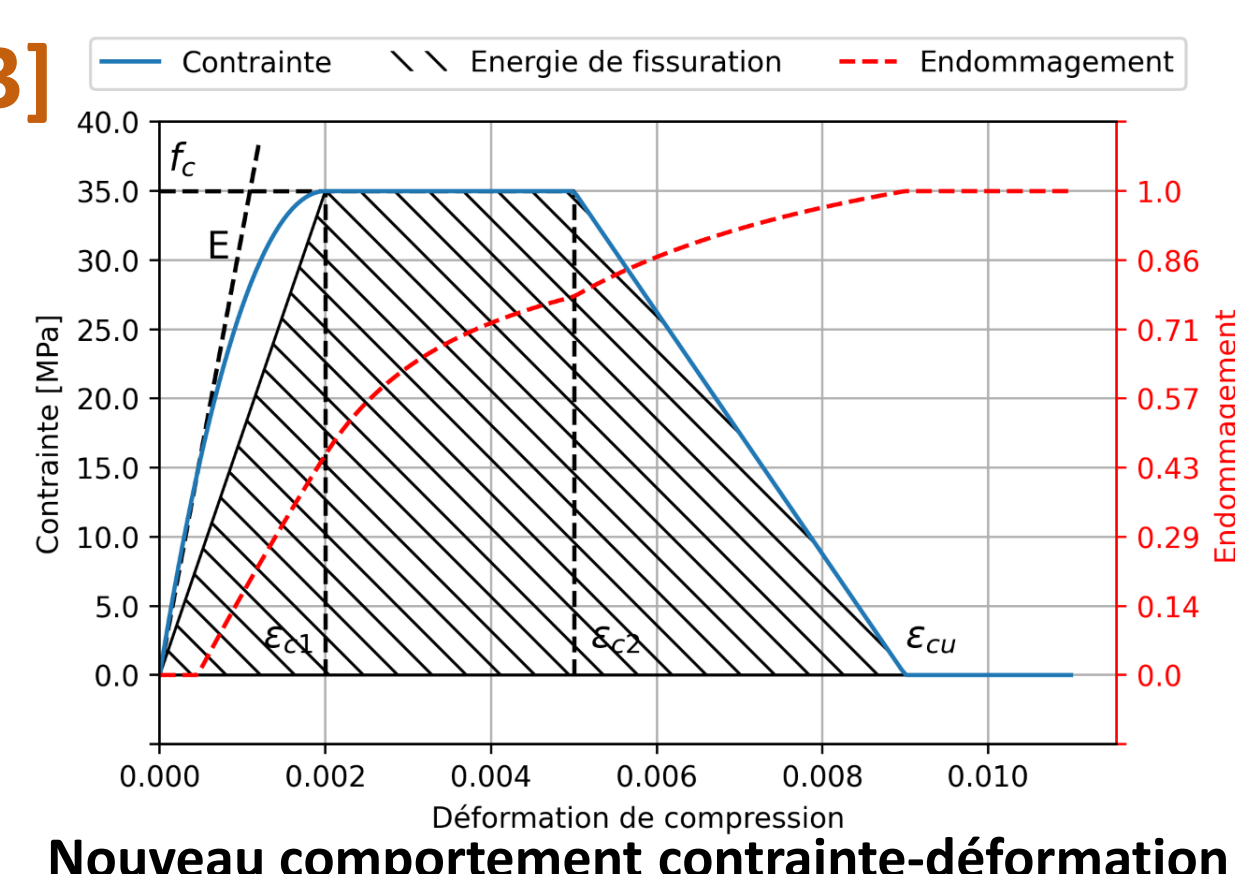
➤ Nouveau modèle de béton en conservant le formalisme de Mazars :

Modèle d'endommagement : $\underline{\sigma} = (1 - d)\underline{E}\underline{\varepsilon}$

Déformation équivalente : $\underline{\varepsilon} = \sqrt{\langle \varepsilon_I \rangle_+^2 + \langle \varepsilon_{II} \rangle_+^2 + \langle \varepsilon_{III} \rangle_+^2}$

➤ Nouvelle loi régularisée en compression [3]

$$d_c = \begin{cases} 1 - \frac{(k\bar{\varepsilon}_c - \bar{\varepsilon}_c^2) f_c}{1 + (k-2)\bar{\varepsilon}_c E \bar{\varepsilon}_c}, & \text{if } \bar{\varepsilon}_c \leq \varepsilon_{c1} \\ 1 - \frac{f_c}{E \bar{\varepsilon}_c}, & \text{if } \varepsilon_{c1} < \bar{\varepsilon}_c \leq \varepsilon_{c2} \\ 1 + \frac{k_1}{E} - \frac{k_2}{E \bar{\varepsilon}_c}, & \text{if } \varepsilon_{c2} < \bar{\varepsilon}_c \leq \varepsilon_{cu} \end{cases}$$



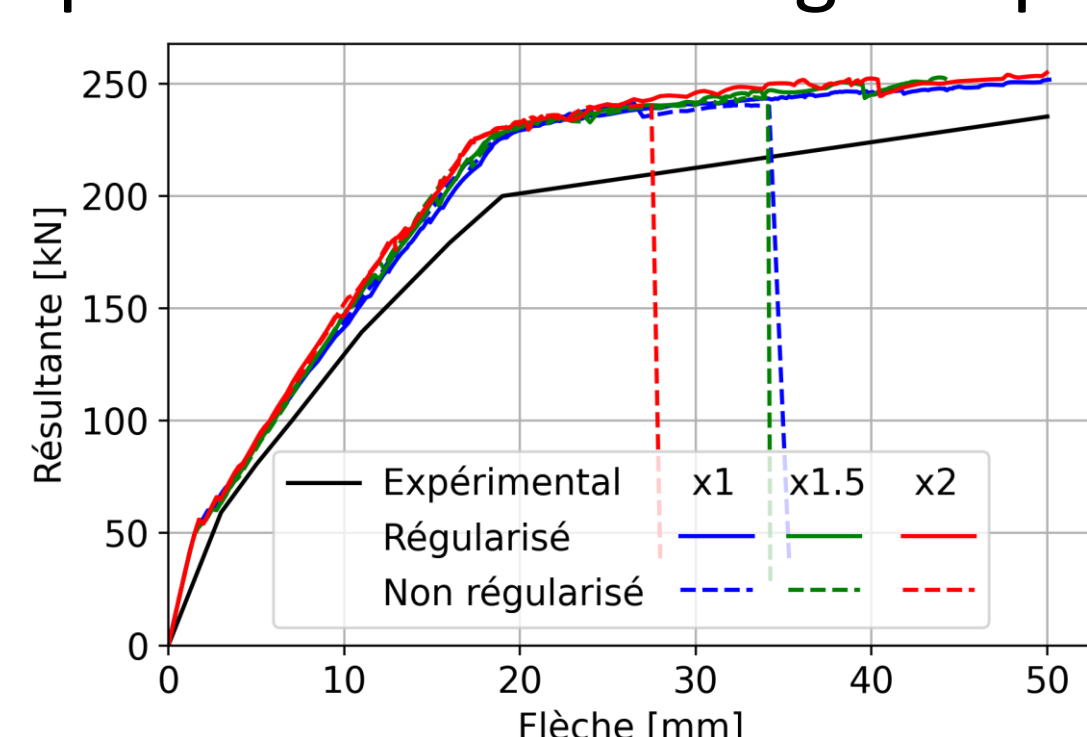
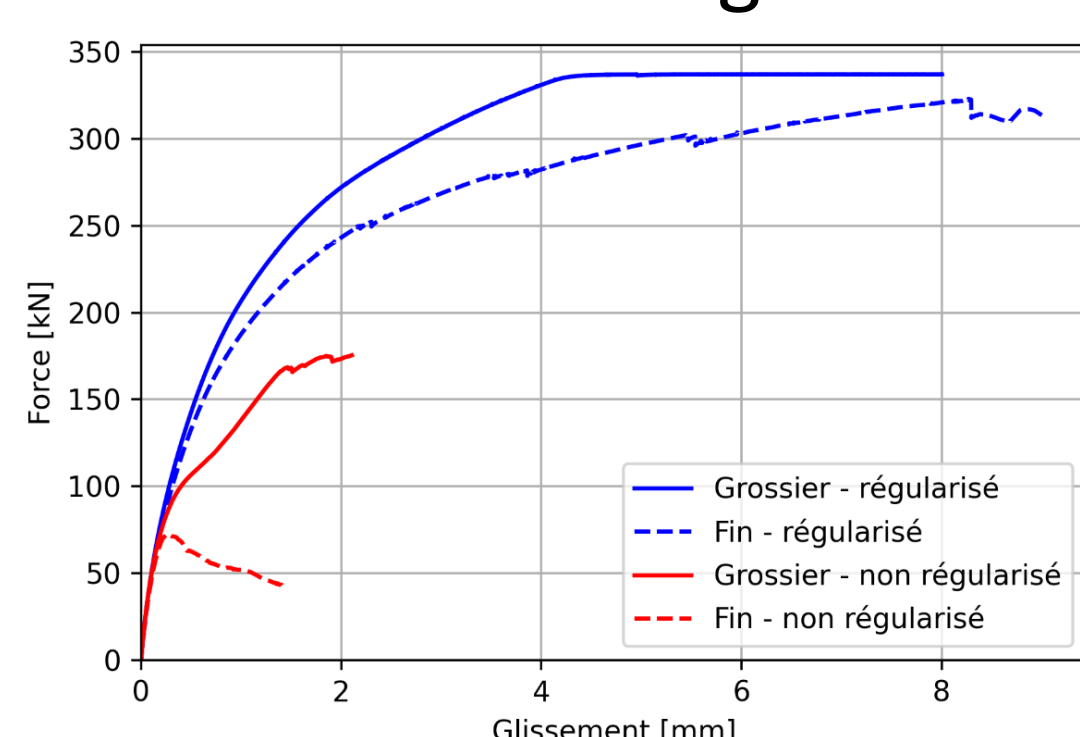
On régularise en faisant dépendre ε_{cu} de l'énergie de fissuration et de la taille des mailles.

➤ Tester la régularisation de la loi de compression sur deux structures représentatives de la rupture en compression :

Pushout :

Poutre béton armé

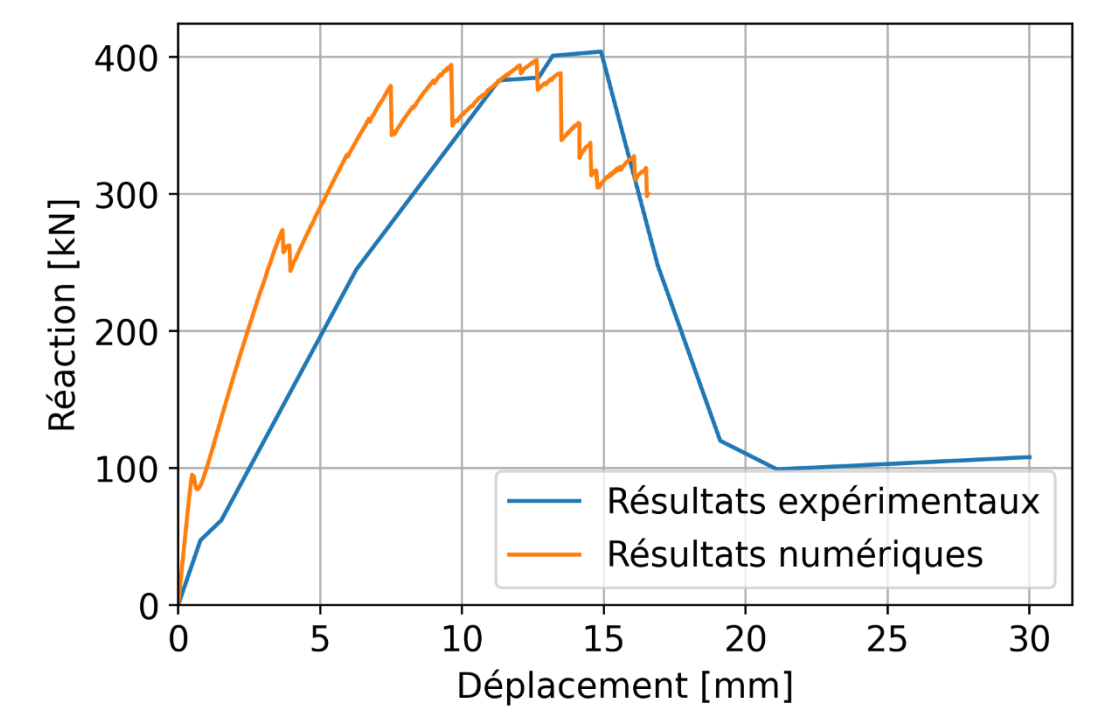
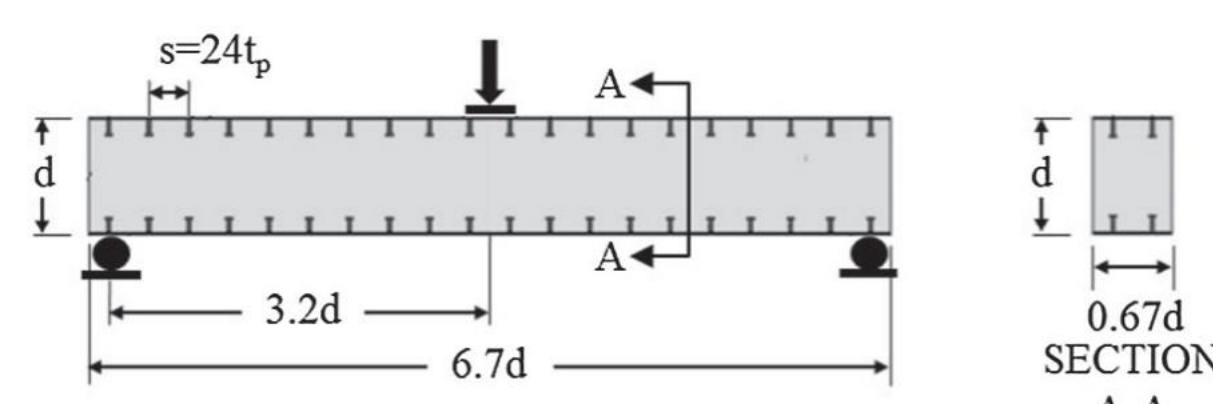
La dépendance au maillage est réduite. La dépendance au maillage disparaît.



Application à des cas industriels avec défauts

➤ Poutre étudiée « SP1-1 » [4] :

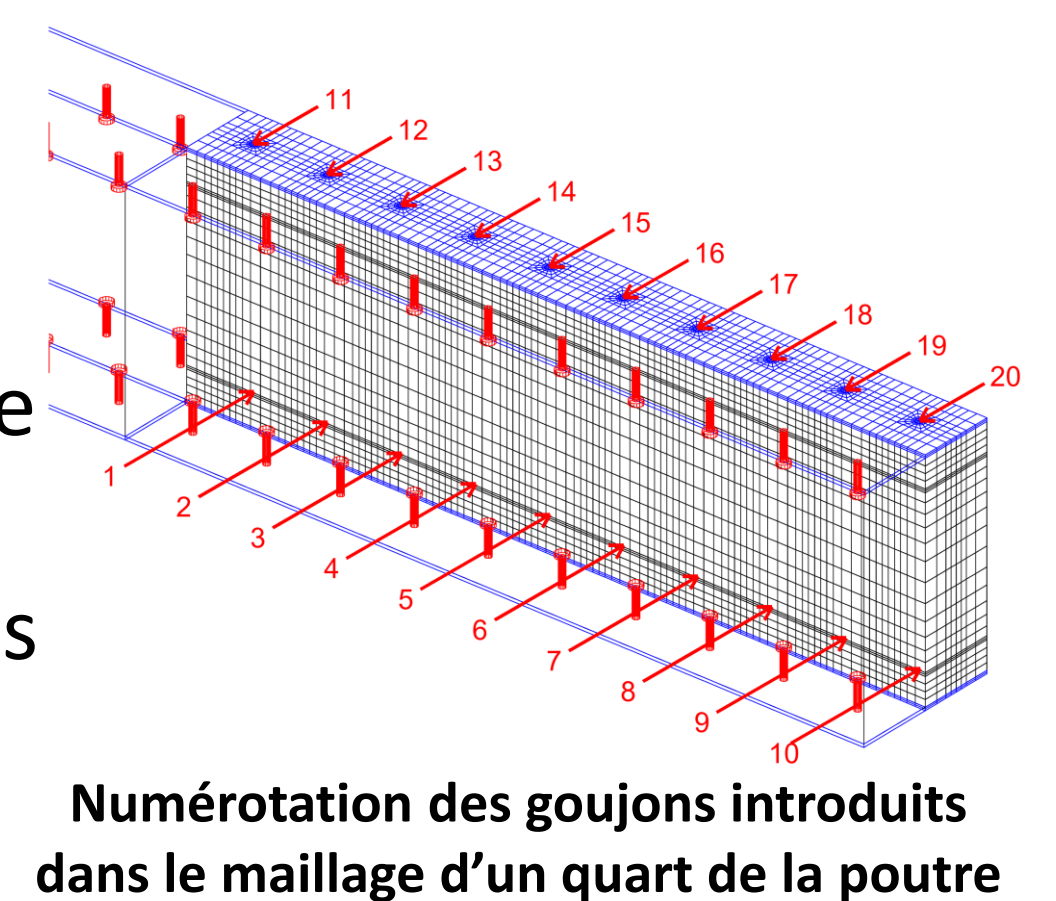
- 2 files de 20 goujons en haut et en bas
- Epaisseur des plaques d'acier : 6,7 mm
- Longueur : 2,93 m, hauteur : 457 mm
- Force de réaction maximale : 400 kN



Les résultats numériques reproduisent fidèlement les résultats expérimentaux.

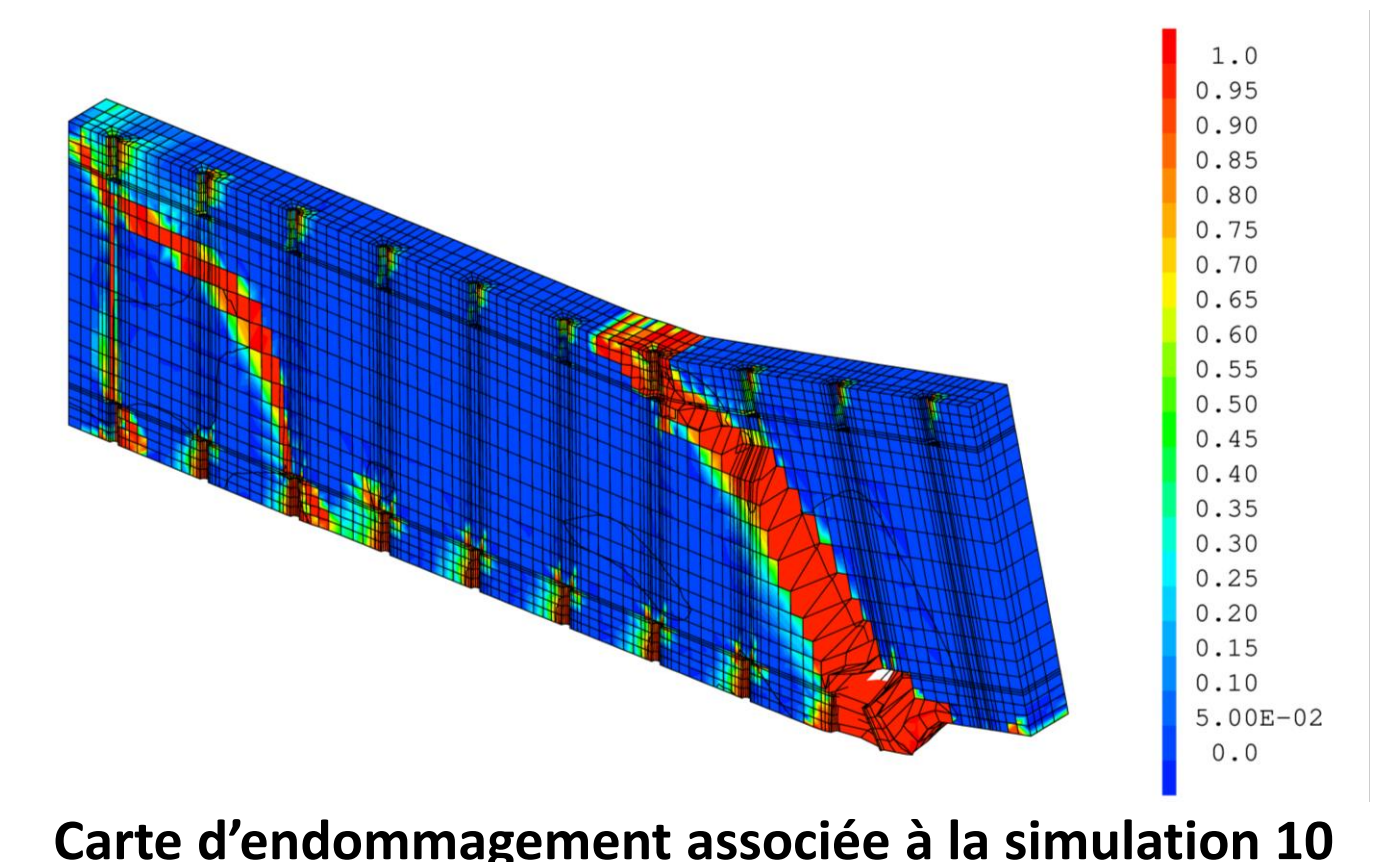
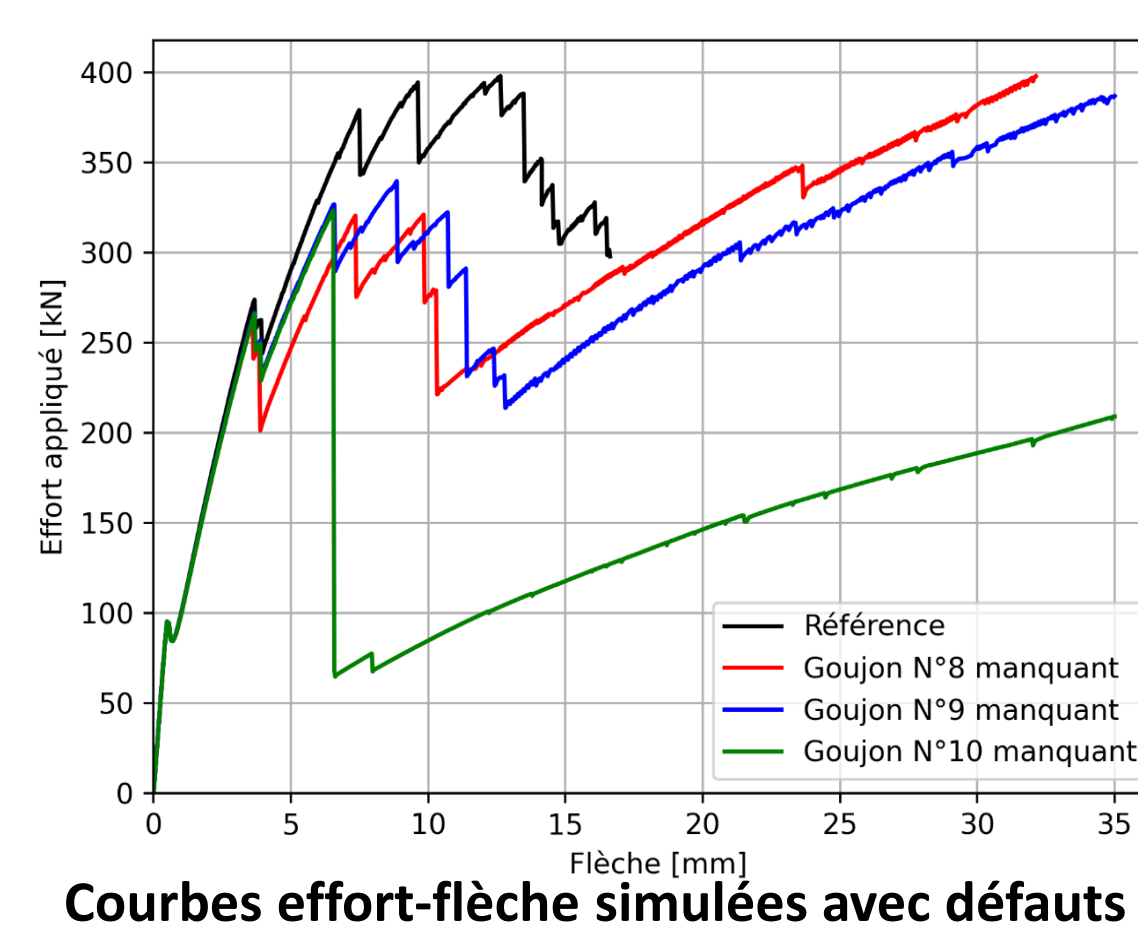
➤ Mise en place de défauts dans la poutre

- On retire des goujons du maillage de la poutre
- La stratégie reproduit des défauts graves improbables, car les processus de vérifications sur chantier devraient les déceler.



➤ Résultats des simulations avec des défauts

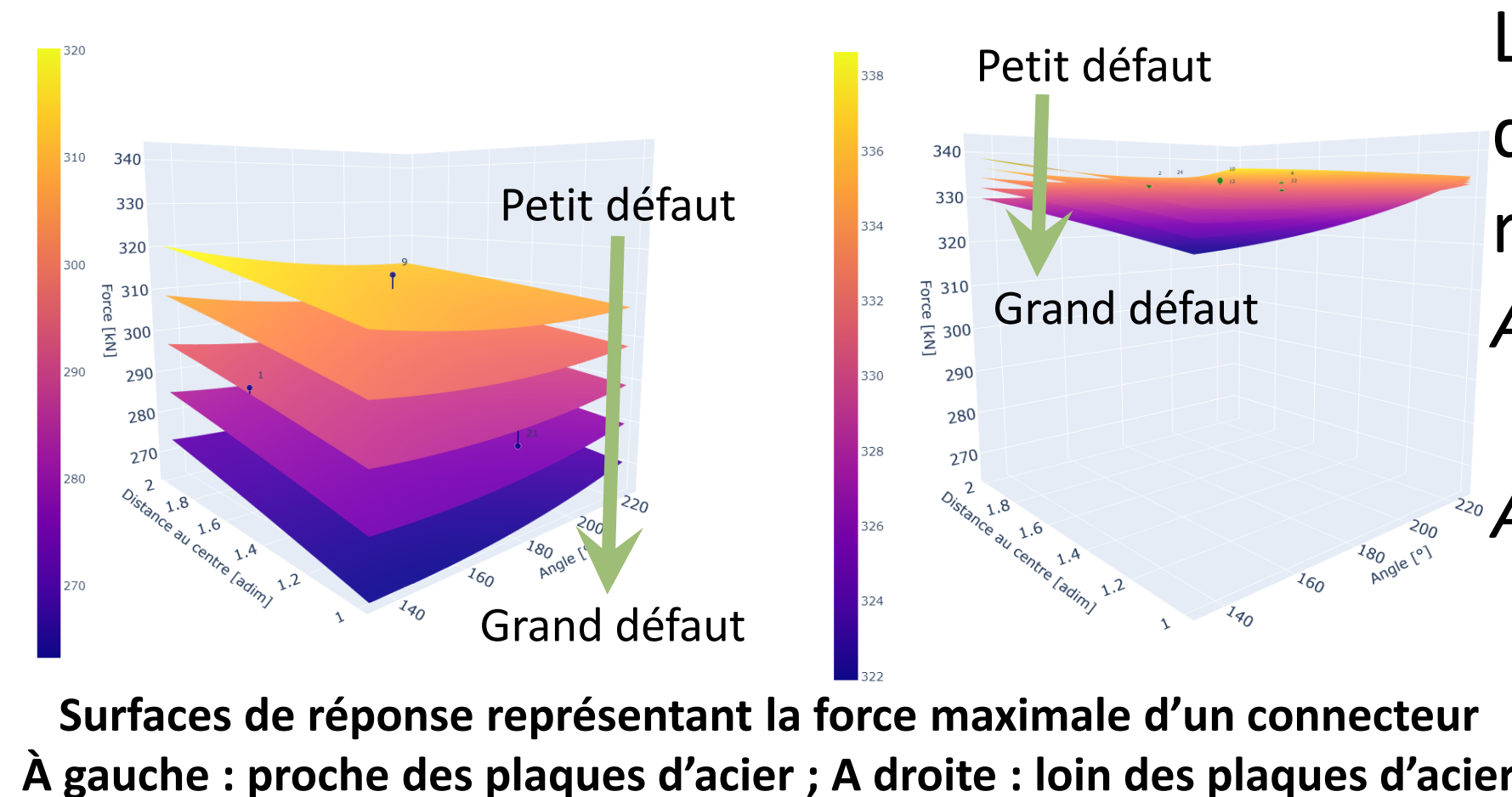
Par exemple, quand le goujon 10 est retiré (courbe verte), le comportement de la poutre est pénalisé (baisse de la force maximale et fragilité accrue) par la fissure de droite, qui n'apparaît qu'en l'absence du goujon 10. Un mécanisme similaire mène à des effets néfastes lors du retrait des goujons 8 et 9.



Travaux actuellement en cours : retour sur le pushout pour tracer des surfaces de réponse

Besoins versus contraintes des simulations

On voudrait connaître avec précision la confiance qu'on peut avoir en un goujon, même si celui-ci est affaibli par un défaut du béton. Une telle démarche requiert une base de données importante. Or, un calcul de poutre SCS dure une semaine ! Le besoin en calculs plus rapides nous amène à revenir sur le pushout [2] pour déduire des surfaces de réponse à la présence de défaut. Les paramètres analysés ici concernent la géométrie du défaut : sa taille et sa position.



La taille du défaut et sa position le long du goujon ont plus d'impact sur sa résistance que les autres paramètres. À gauche, le défaut est à proximité des plaques et a une forte influence. À droite, il est loin des plaques, et a moins d'influence ; les surfaces de réponse sont resserrées autour du maximum.

Conclusions / Perspectives

- le modèle régularisé permet une reproduction fidèle des comportements, même sur des structures plus complexes ;
- on a un modèle robuste et des surfaces de réponse qui collent aux simulations numériques ;
- perspective #1 : quelles sont les variations pour des géométries de connecteurs différentes ?
- perspective #2 : comment déduire des intervalles de confiance en utilisant les surfaces de réponse ?

Références

- [1] Calixte, Robine. Simulation du comportement de structures « steel-concrete-steel » sous chargement mécanique. Thèse : Ville d'Avray, (2021).
- [2] Shim, C.-S., Lee, P.-G. & Yoon, T.-Y., 2004. Static behavior of large stud shear connectors. *Engineering Structures*, 26(12), pp. 1853-1860.
- [3] Arruda, M.R.T. et al. A modified Mazars damage model with energy regularization (2021)
- [4] Sener, Kadir C. et al. Experimental and numerical investigation of the shear behavior of steel-plate composite (SC) beams without shear reinforcement. (2016)