

Assemblage de panneaux soumis à un feu normalisé

JC. CRAVEUR¹, B. MERCIER¹, JP. BOURNOT¹, S. LAIR²

¹ : Institut Supérieur des Matériaux et Mécaniques Avancés du Mans

² : MAPAC PANEL

Présentation des acteurs du projet

- ISMANS
- MAPAC PANEL

Contexte réglementaire

Présentation d'un essai normalisé

Présentation du projet de recherche

Présentation de l'étude

- Matériaux
- Maillage
- Modèle thermique
- Modèle mécanique
- Etude de sensibilité

Conclusion

Présentation des
acteurs du projet

Contexte
réglementaire

Présentation d'un
essai normalisé

Présentation du
projet de recherche

Présentation de
l'étude

Conclusion

- Ecole d'ingénieurs consulaire créée en 1987 (CCI du Mans et de la Sarthe)
- Membre associé de l'UNAM (Université Nantes Angers le Mans) : pôle de recherche et d'enseignement supérieur
- Spécialité de l'ISMANS : Simulation numérique
- 3 majeures
 - Génie des matériaux
 - Génie Industriel
 - Génie mécanique
- Mastère Spécialisé « Ingénierie de Sécurité Incendie »
 - Développement de l'incendie
 - Evacuation
 - Résistance des structures
- 3 Laboratoires de recherche
 - Physique statistique et système complexe
 - Frontier science and engineering laboratory
 - Mécanique des structures et matériaux composites

Présentation des
acteurs du projet

Contexte
réglementaire

Présentation d'un
essai normalisé

Présentation du
projet de recherche

Présentation de
l'étude

Conclusion

- MAPAC fondée en 1988
- Activité de MAPAC : conception et production de panneaux sandwichs adaptés aux environnements maritimes et terrestres
- Conception et production de panneaux pour:
 - Les sols
 - Les plafonds
 - Les murs
 - Les ensembles préfabriqués (cabine navales, construction modulaires...)
- Quelques références :
 - Navales : STX Europe, DCNS, Abu Dhabi Ship Building ...
 - Terrestres : Yves Rocher, EDF, Apple, Bouygues...
 - Fluviales : CroisiEurope, Meuse et Sambre

Présentation des
acteurs du projet

Contexte
réglementaire

Présentation d'un
essai normalisé

Présentation du
projet de recherche

Présentation de
l'étude

Conclusion

- Réglementation feu pour les structures dans le naval : FTP code de l'OMI (Fire Test Procedures, Organisation maritime internationale)
- Essai feu obligatoire pour l'obtention du Procès Verbal
- Protocole d'essai doit être conforme au FTP code
- Critères de la tenue au feu fonctions :
 - Structure (cloison, plafond...),
 - Nature des matériaux (combustibles, incombustibles)
 - Localisation dans le navire
- 3 critères :
 - Intégrité structurelle (R)
 - Étanchéité (E)
 - Isolation (I)

Présentation des acteurs du projet

Contexte réglementaire

Présentation d'un essai normalisé

Présentation du projet de recherche

Présentation de l'étude

Conclusion

- Pour les essais prescrits par le FTP Code de l'OMI, conditions limites et chargement imposés en thermique et en mécanique
- Chargement thermique : Courbe normalisée ISO 834

$$T_{\theta} = T_0 + 345 \log(8t + 1)$$

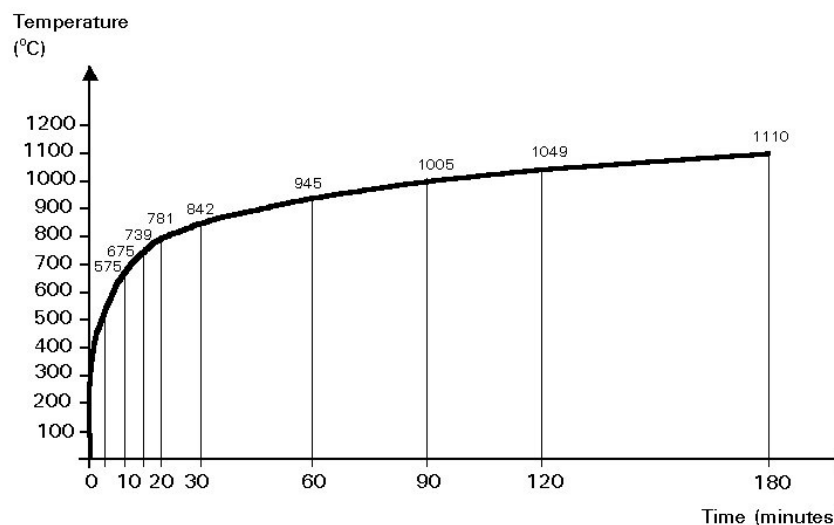


Figure 1 ISO standard fire curve

Présentation des
acteurs du projet

Contexte
réglementaire

Présentation d'un
essai normalisé

Présentation du
projet de recherche

Présentation de
l'étude

Conclusion

- Essai du type B15 sur une cloison : pas de chargement mécanique (poids propre uniquement)
- Critères :
 - E : étanchéité, pas de passage de flammes et de fumées
 - I : Isolation thermique, seuil de températures en face non exposée



Présentation des
acteurs du projet

Contexte
réglementaire

Présentation d'un
essai normalisé

Présentation du
projet de recherche

Présentation de
l'étude

Conclusion

- MAPAC : Etude de nouvelles conceptions de jonction de panneaux
- Structure : panneau sandwich composé de peaux en acier et d'une âme en laine de roche (particularité : protection thermique à l'intérieur du panneau)
- Objectif : obtenir la certification B15
- Le nombre de paramètres à étudier est très grand
- Le comportement est fortement non linéaire
- Essai feu :
 - Pas d'étude paramétrique possible
 - Pas de plan d'expérience
 - Très coûteux
 - Un essai, une configuration possible

Présentation des
acteurs du projet

Contexte
réglementaire

Présentation d'un
essai normalisé

Présentation du
projet de recherche

Présentation de
l'étude

Conclusion

- Intérêt de la simulation numérique :
 - Etude de l'influence d'un grand nombre de paramètres (matériels et géométriques)
 - Modélisation de plusieurs essais
 - Exploitation des concepts
 - Coût moindre qu'un essai en laboratoire
 - Rapidité d'obtention des résultats
 - Evaluation relative des conceptions
- Pour ce projet de recherche, aucun essai préalable réalisé en laboratoire : pas de recalage possible entre la simulation et les essais

Présentation des
acteurs du projet

Contexte
réglementaire

Présentation d'un
essai normalisé

Présentation du
projet de recherche

Présentation de
l'étude

Conclusion

- **Approche ISI qualitative et comparative**
 - **Modélisation de l'assemblage conçu par MAPAC**
 - **Etude de sensibilité sur les paramètres géométriques et matériels**
 - **Comparaison des résultats entre les différentes modélisations**

Présentation des acteurs du projet

Contexte réglementaire

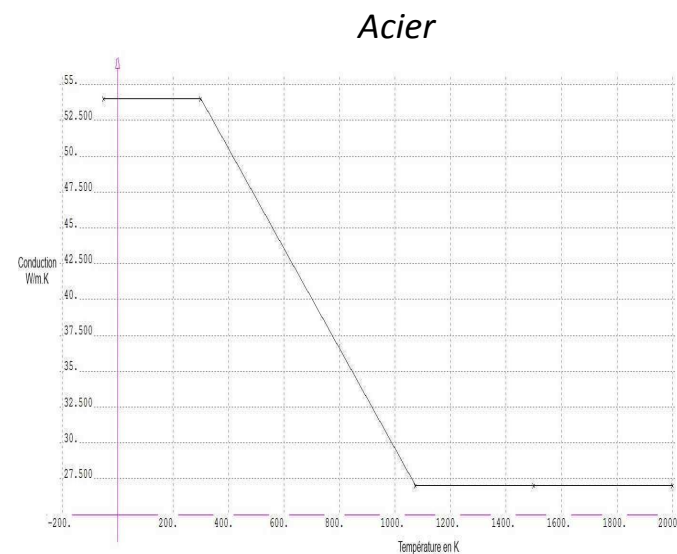
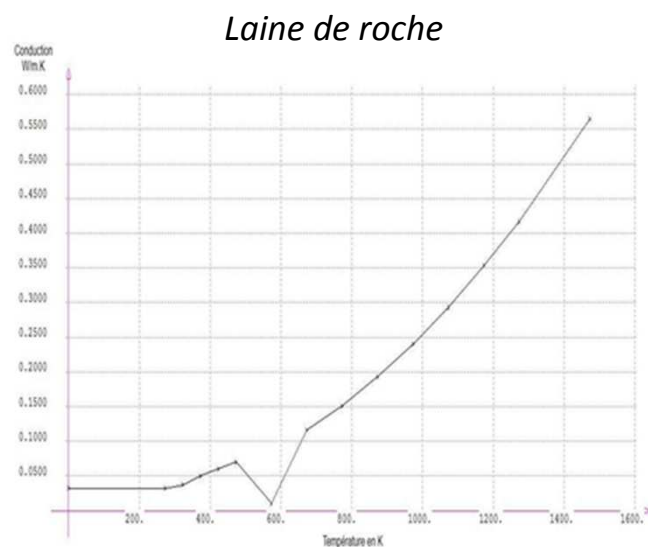
Présentation d'un essai normalisé

Présentation du projet de recherche

Présentation de l'étude

Conclusion

- Matériaux de la structure sandwich
 - Peaux : acier
 - Ame : laine de roche
- Matériaux « connus » : Utilisation des Eurocodes
 - Conductivité en fonction de la température (λ)



Présentation des acteurs du projet

Contexte réglementaire

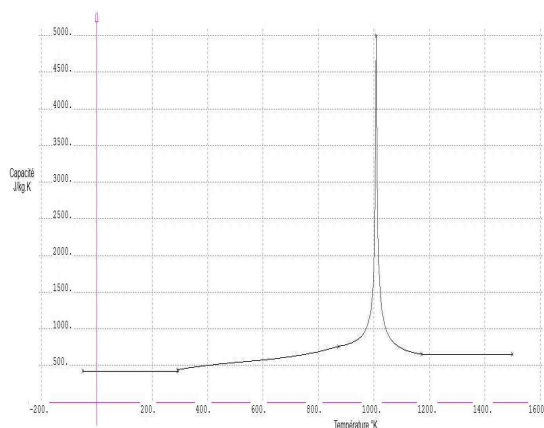
Présentation d'un essai normalisé

Présentation du projet de recherche

Présentation de l'étude

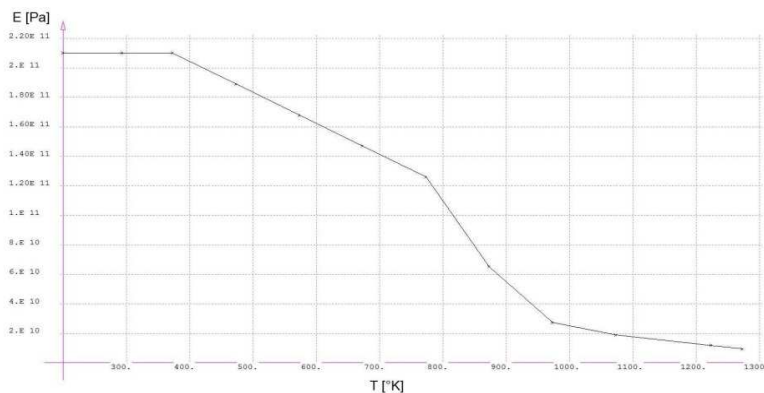
Conclusion

- Capacité calorifique en fonction de la température (c_p)



Acier

- Module de Young en fonction de la température



Acier

Présentation des acteurs du projet

Contexte réglementaire

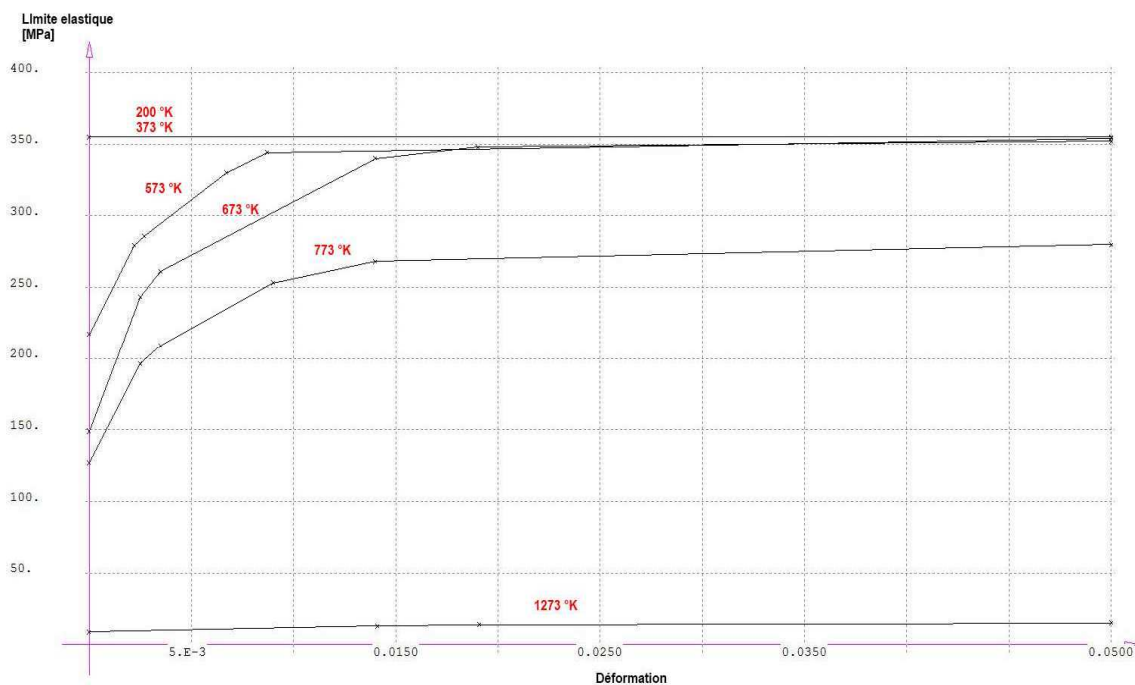
Présentation d'un essai normalisé

Présentation du projet de recherche

Présentation de l'étude

Conclusion

- Coefficient de Poisson (ν) et coefficient de dilatation (α)
- Courbes d'écroutissement en fonction de la température (σ_e)



Présentation des
acteurs du projet

Contexte
réglementaire

Présentation d'un
essai normalisé

Présentation du
projet de recherche

Présentation de
l'étude

Conclusion

- Mise en place d'un maillage adapté pour la modélisation thermique et mécanique
- Optimisation de la densité de maillage pour réduire les temps de simulation
- Plusieurs type de maillage étudiés :
 - Réglé
 - Combinaison de maillage réglé et offset
- Etude de sensibilité au maillage : 50 % d'éléments en moins pour un résultat identique par rapport au maillage « de référence »

Présentation des
acteurs du projet

Contexte
réglementaire

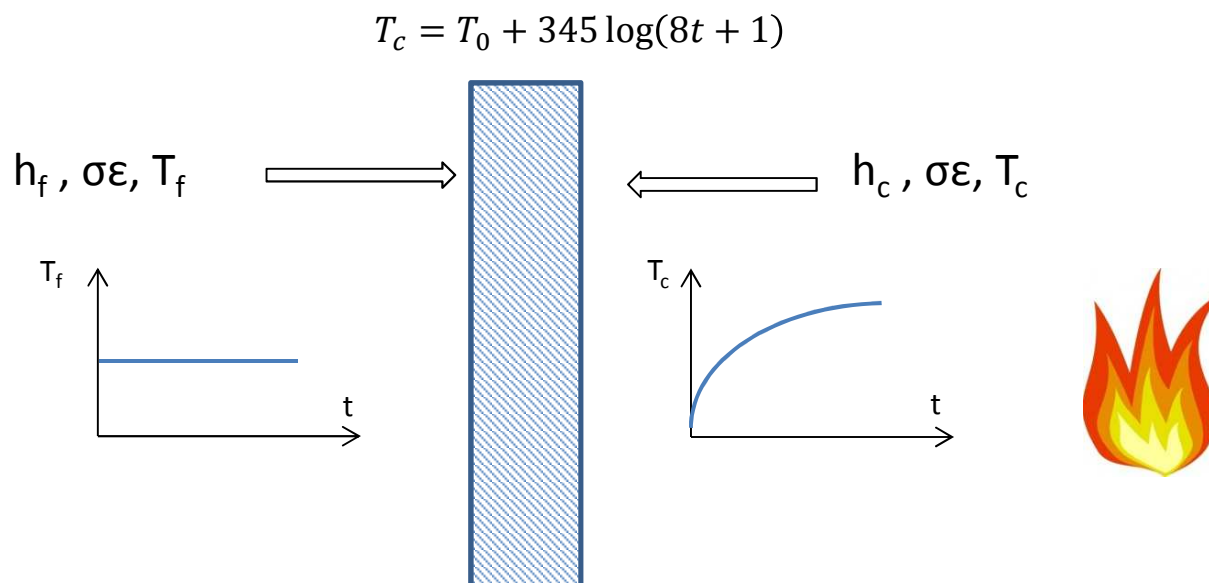
Présentation d'un
essai normalisé

Présentation du
projet de recherche

Présentation de
l'étude

Conclusion

- Propriétés thermiques des matériaux fortement non linéaires
- Analyse thermique 3D transitoire non linéaire
- Conditions limites imposées par le code FTP de l'OMI



Présentation des acteurs du projet

Contexte réglementaire

Présentation d'un essai normalisé

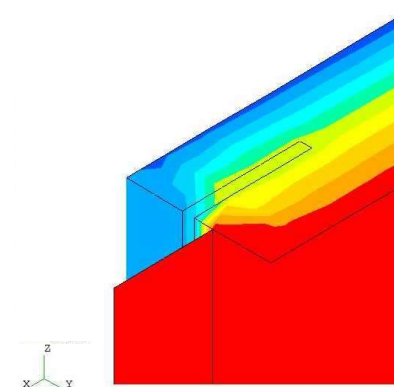
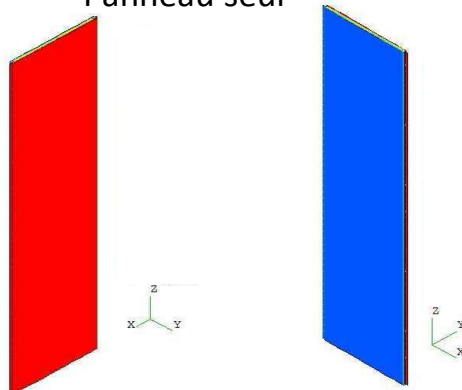
Présentation du projet de recherche

Présentation de l'étude

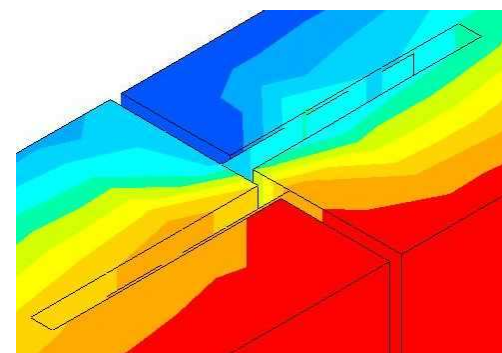
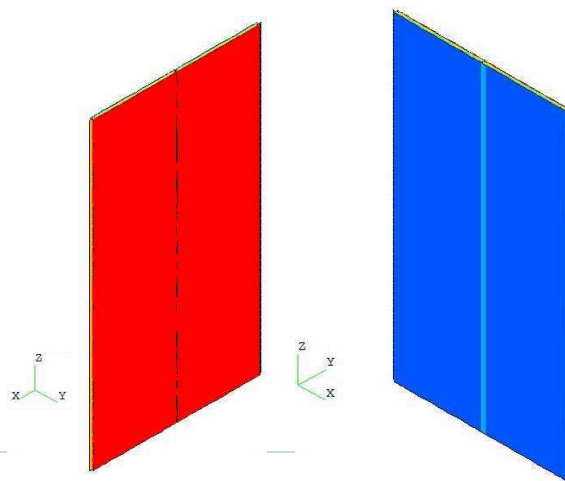
Conclusion

- Résultats de l'analyse thermique

– Panneau seul



– Assemblage de panneaux



Présentation des
acteurs du projet

Contexte
réglementaire

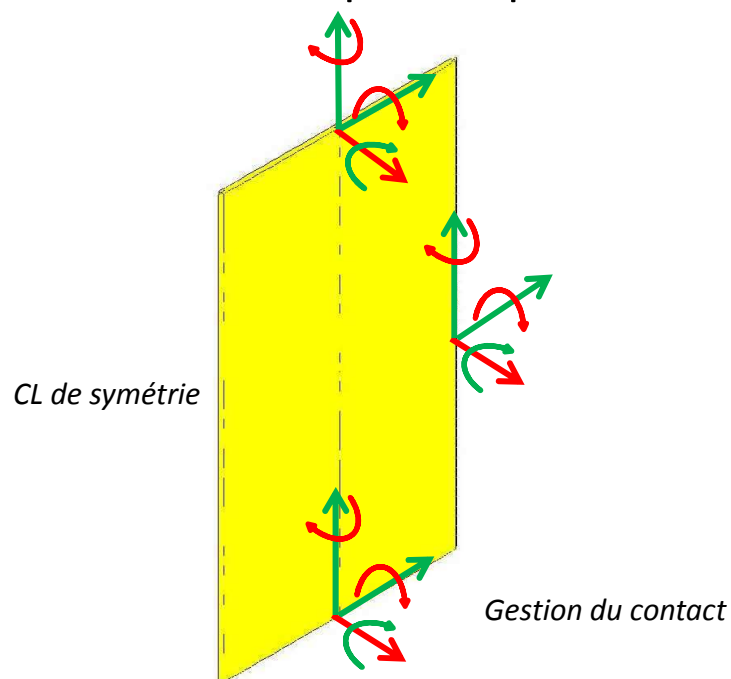
Présentation d'un
essai normalisé

Présentation du
projet de recherche

Présentation de
l'étude

Conclusion

- Propriétés mécaniques non linéaires dépendant fortement de la température pour tous les matériaux
- Analyse thermomécanique 3D transitoire non linéaire
- Conditions limites imposées par le code FTP de l'OMI



Présentation des
acteurs du projet

Contexte
réglementaire

Présentation d'un
essai normalisé

Présentation du
projet de recherche

Présentation de
l'étude

Conclusion

- Hypothèse de couplage faible entre la thermique et la mécanique
 - Stratégie de pas de temps automatique (thermique et mécanique)
 - Interpolation des champs et des grandeurs associées
- Dans la modélisation :
 - Prise en compte de la plasticité de l'acier
 - Gestion du contact dans l'assemblage
 - **Prise en compte du décollement des peaux en acier exposées au feu**
- Chargement mécanique
 - Essai du type B15 : pas de chargement mécanique autre que la gravité

Présentation des acteurs du projet

Contexte réglementaire

Présentation d'un essai normalisé

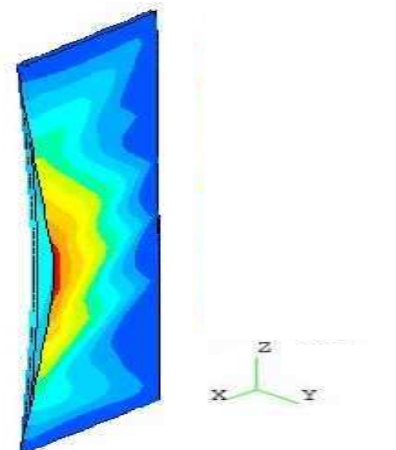
Présentation du projet de recherche

Présentation de l'étude

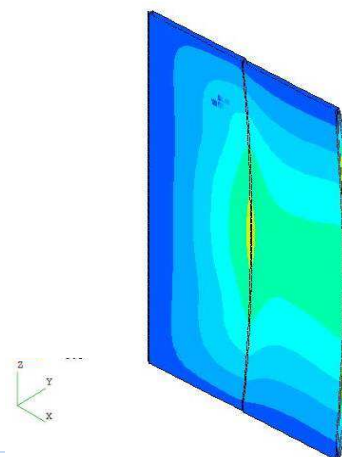
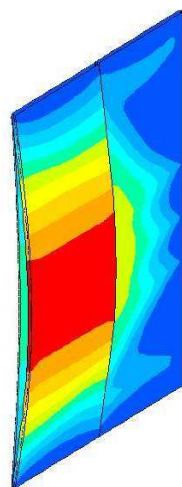
Conclusion

- Résultats de la thermomécanique

- Panneau seul



- Assemblage de panneaux



Présentation des
acteurs du projet

Contexte
réglementaire

Présentation d'un
essai normalisé

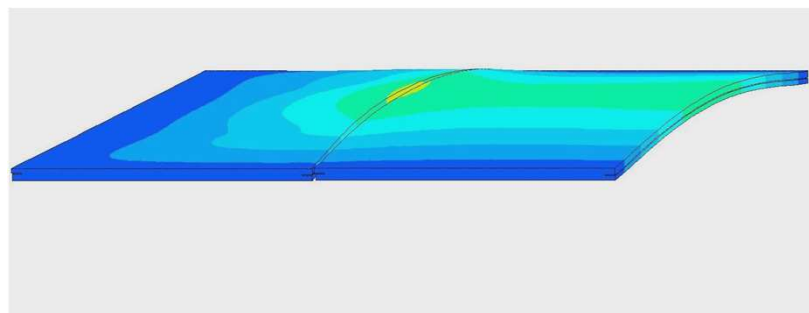
Présentation du
projet de recherche

Présentation de
l'étude

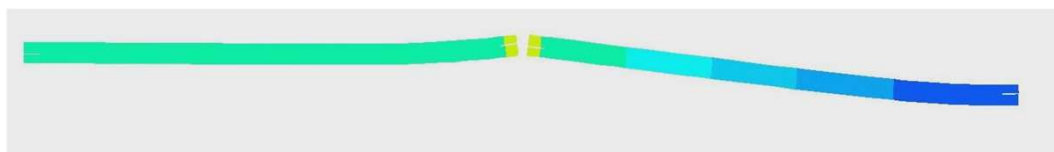
Conclusion

- Vidéo de la simulation de l'assemblage

- Vue de la laine de roche uniquement



- Vue de la section à mi-hauteur de l'assemblage (laine de roche)



Présentation des
acteurs du projet

Contexte
réglementaire

Présentation d'un
essai normalisé

Présentation du
projet de recherche

Présentation de
l'étude

Conclusion

- Etude des paramètres :
 - Géométriques :
 - Épaisseurs acier, laine de roche
 - Dimensions des panneaux
 - Dimensions de la jonction
 - Matériels
 - Nuances de l'acier
 - Masse volumique de la laine de roche
 - Densité de la laine de roche
- Etude comparative

Présentation des
acteurs du projet

Contexte
réglementaire

Présentation d'un
essai normalisé

Présentation du
projet de recherche

Présentation de
l'étude

Conclusion

- Mise en place d'une méthodologie modélisant l'ouverture d'un assemblage de panneau
- Grâce à l'approche ISI, meilleure compréhension du comportement de l'assemblage des panneaux
- Par le biais de la simulation numérique, aide à la décision pour améliorer la conception de la structure
- Attente des essais en laboratoire pour valider nos hypothèses

Présentation des
acteurs du projet

Contexte
réglementaire

Présentation d'un
essai normalisé

Présentation du
projet de recherche

Présentation de
l'étude

Conclusion

MERCI DE VOTRE ATTENTION !