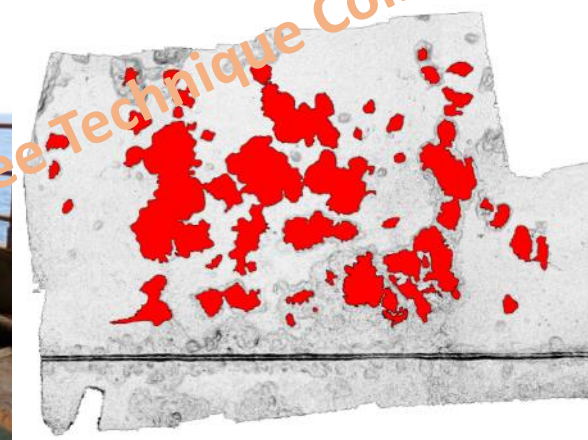




The STRUCTURAL SAFETY IMPROVEMENT FOR FPSO HULLS



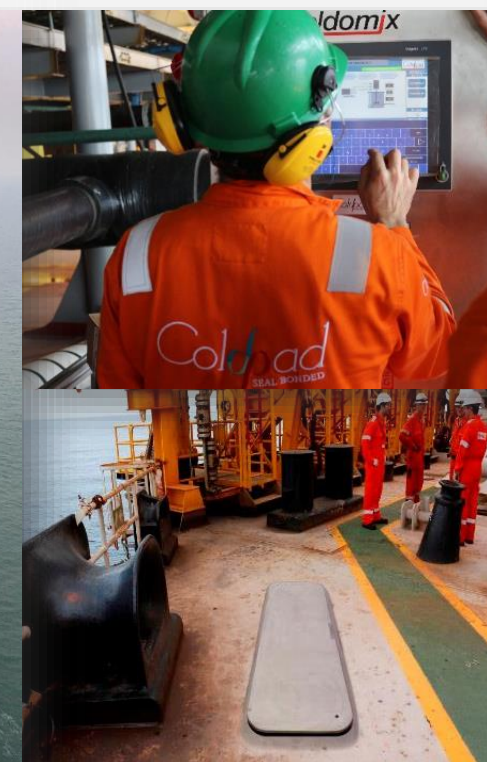
Présentation COLD PAD lors de la Journée Technique Collage à Pessac le 14/06/2017

Renforcement par collage dans l'offshore pétrolier *Les enjeux de la fiabilisation*

Intervenant : Xabier Errotabehere, PhD

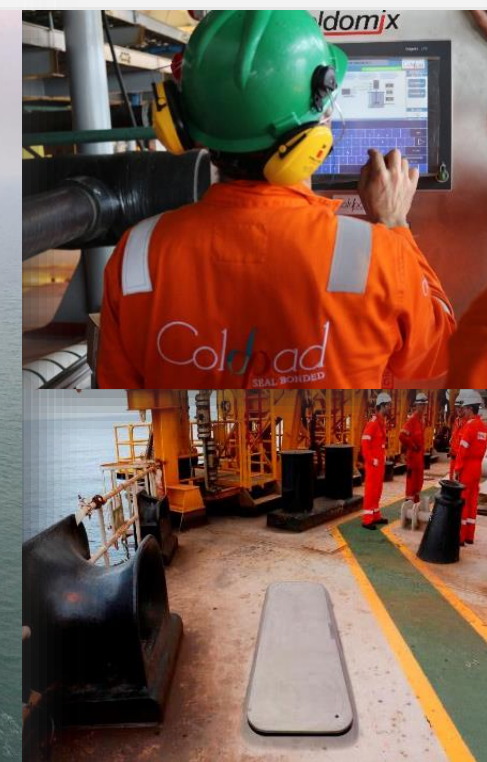
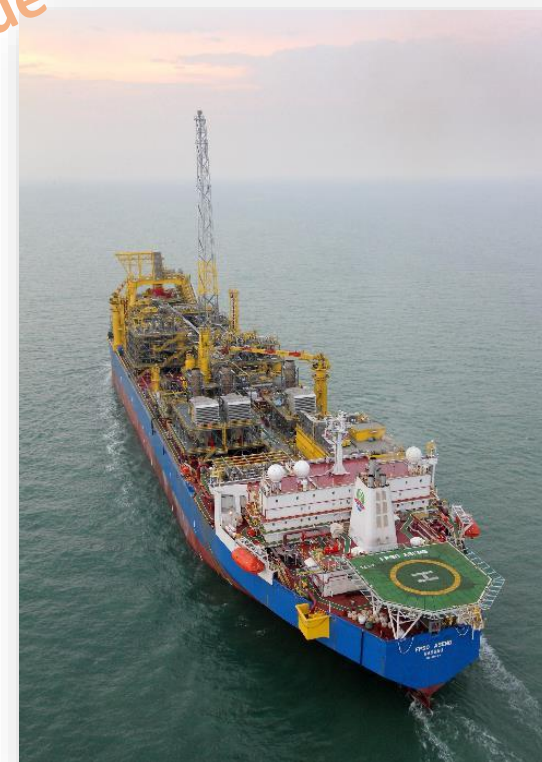
- Contexte industriel
- Collage en environnement marin: limites et verrous technologiques
- ColdShield®:
 - Renfort collé permanent pour l'offshore pétrolier
 - Mise en œuvre contrôlée et répétable
 - Vers une durabilité accrue
- Conclusion

Presentation COLD PAD lors de la Journée Technique Collage à Pressac le 14/06/2017



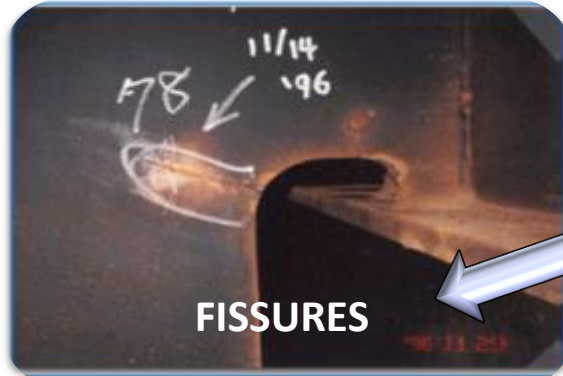
- Contexte industriel
- Collage en environnement marin: limites et verrous technologiques
- ColdShield®:
 - Renfort collé permanent pour l'offshore pétrolier
 - Mise en œuvre contrôlée et répétable
 - Vers une durabilité accrue
- Conclusion

Présentation COLD PAD lors de la Journée Technique Collage à Pression le 14/06/2017



Contexte industriel

- Maintenance & réparation de coques de plateformes pétrolières flottantes FPSO (*Floating Production Storage Offloading*)



FISSURES

Les structures offshore sont sujettes à



CORROSION

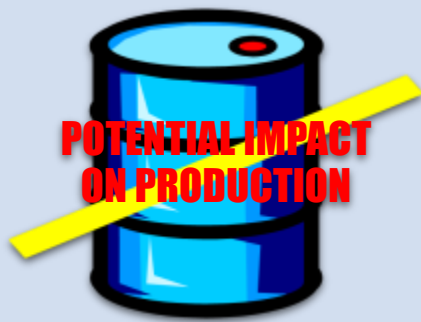
Coques = Stockage de pétrole → particulièrement sensible



Réparation conventionnelle



Environnement inflammable ou explosif



POTENTIAL IMPACT ON PRODUCTION

Compromis: Sécurité Vs. Production

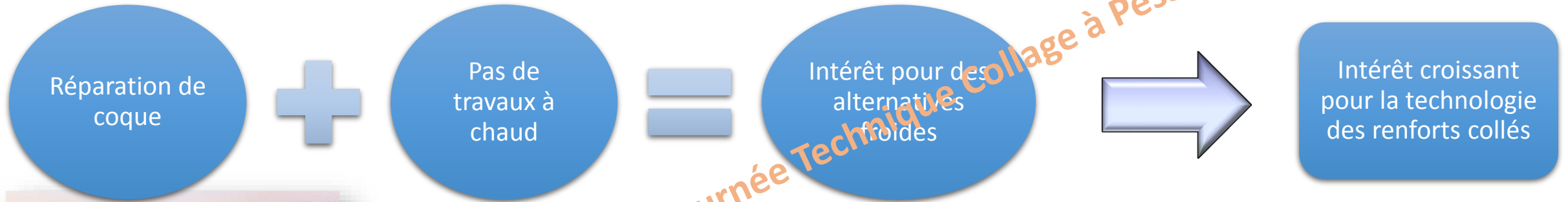


Confidential information

Présentation COLD PAD lors de la Journée Technique Collage à Pessac le 14/06/2017

Contexte industriel

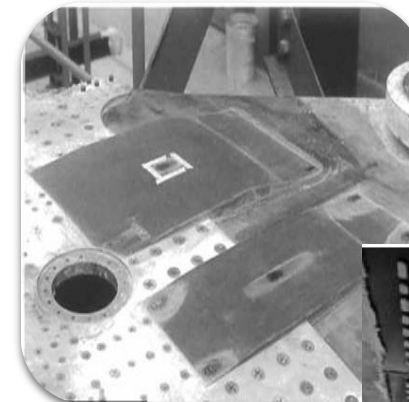
- Maintenance & réparation de coques de plateformes pétrolières flottantes FPSO (*Floating Production Storage Offloading*)



L'industrie Oil&Gas s'inspire de ce qui existe dans d'autres secteurs industriels:

- Aéronautique
- Génie Civil
- ...

...mais les solutions existantes présentent des limites pour une application offshore...



*Renforcement composite
Renforts collés acier
...*



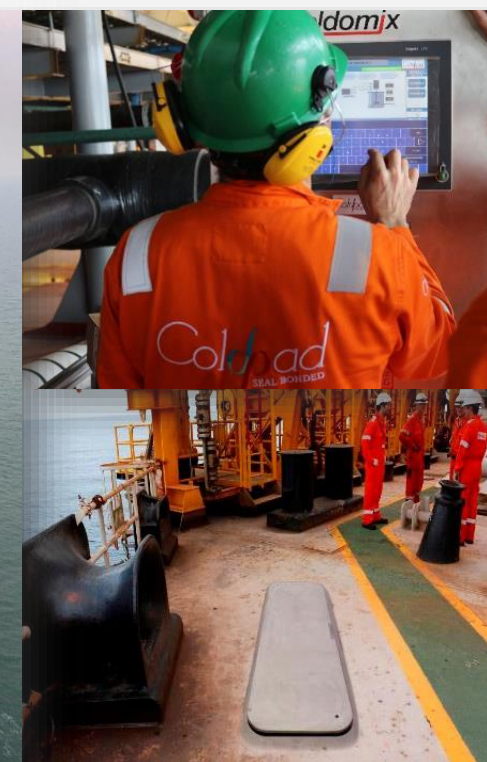
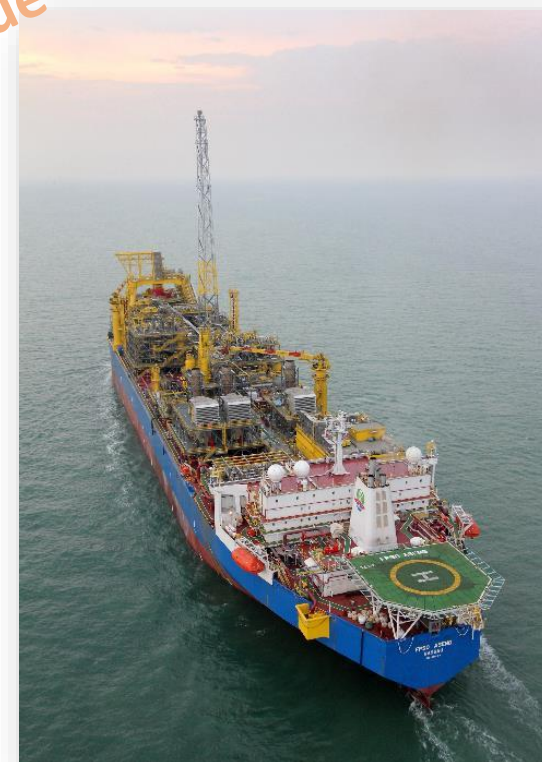
Safe, Reliable & Durable

Confidential information

présentation COLD PAD lors de la Journée Technique Collage à Pessac le 14/06/2017

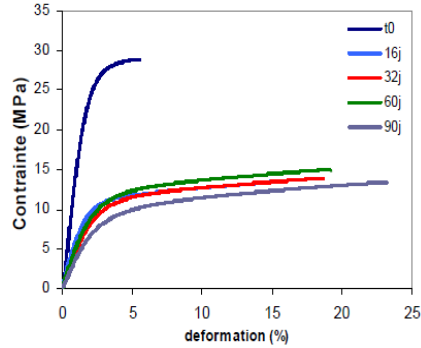
- Contexte industriel
- Collage en environnement marin: limites et verrous technologiques
- ColdShield®:
 - Renfort collé permanent pour l'offshore pétrolier
 - Mise en œuvre contrôlée et répétable
 - Vers une durabilité accrue
- Conclusion

Présentation COLD PAD lors de la Journée Technique Collage à Pression le 14/06/2017



Collage en environnement marin: limites et verrous technologiques

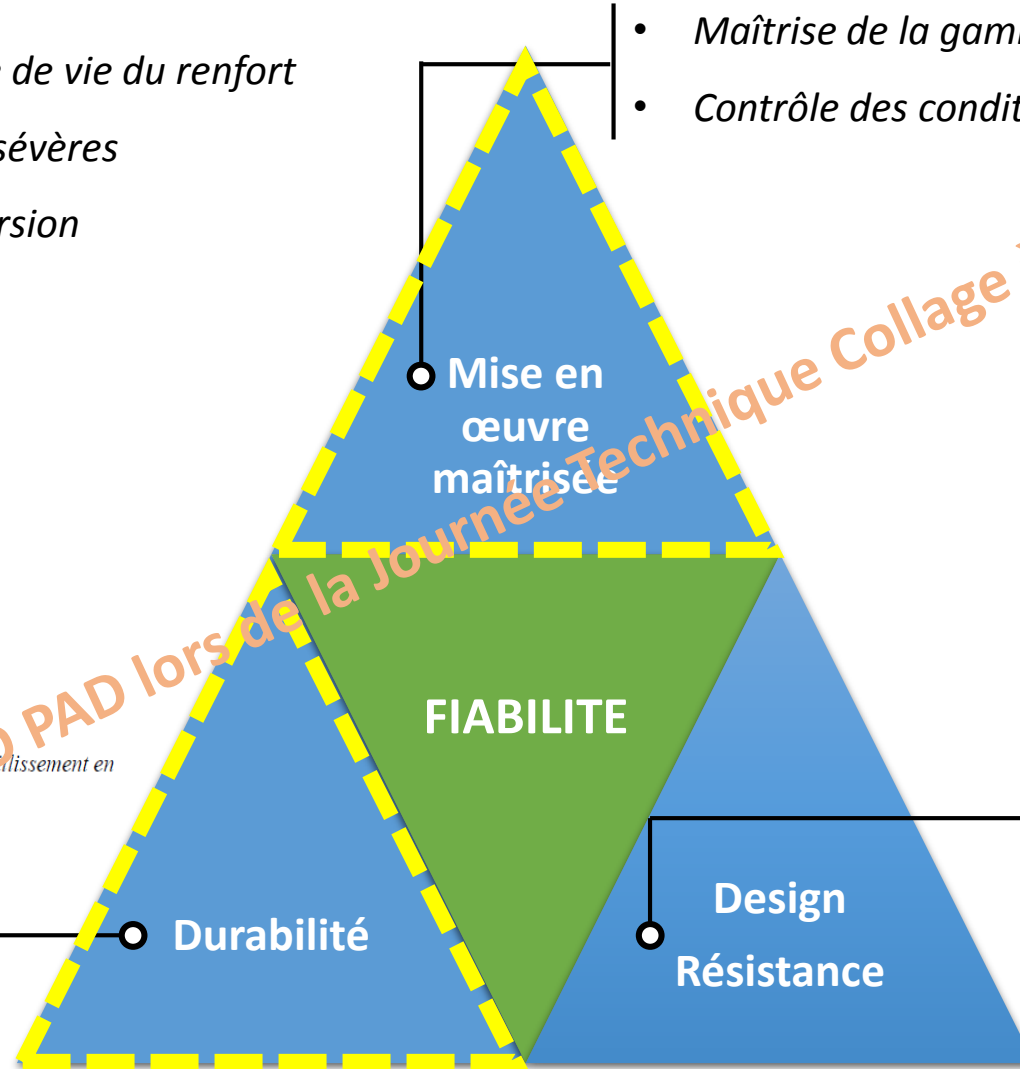
- Justification d'une durée de vie du renfort
- Conditions d'exposition sévères
 - 100% HR ou immersion
 - Salinité



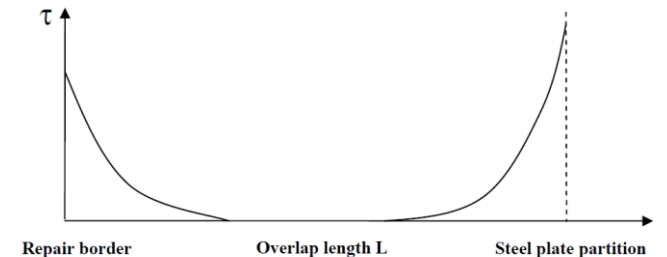
Courbes contrainte - déformation de l'adhésif époxy à différents temps de vieillissement en eau déionisée à 20°C

Source: Thèse M. Bourdes (2009)

- Maîtrise de la gamme de collage complète
- Contrôle des conditions atmosphériques (T°, HR...)



- Justification des niveaux de résistance
 - Garantir de faibles écarts-types
 - Appliquer les coefficients de sécurité
- Gérer les effets de bords

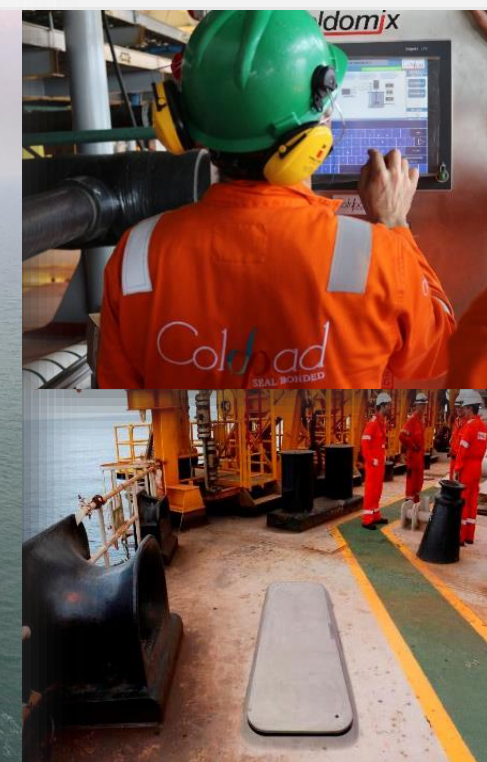


Safe, Reliable & Durable

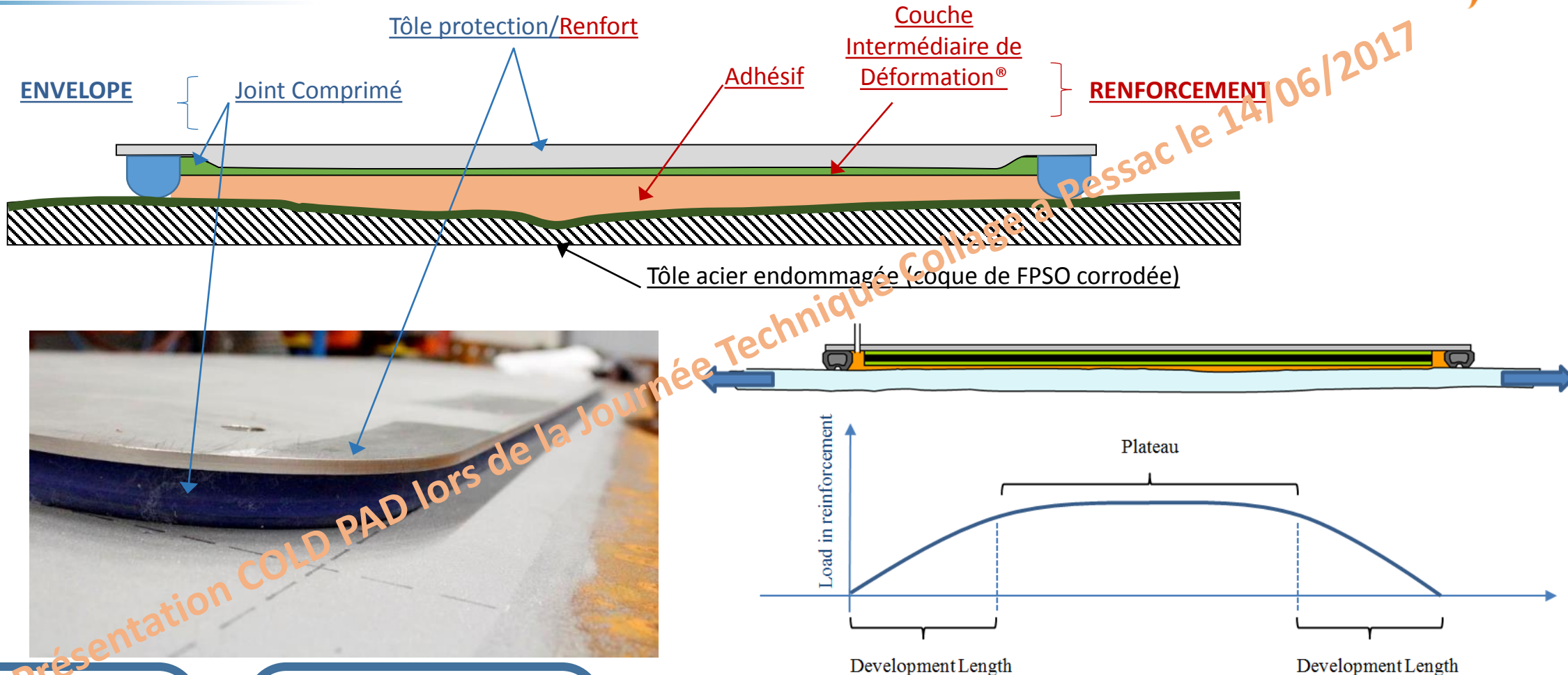
Confidential information

- Contexte industriel
- Collage en environnement marin: limites et verrous technologiques
- ColdShield®:
 - Renfort collé permanent pour l'offshore pétrolier
 - Mise en œuvre contrôlée et répétable
 - Vers une durabilité accrue
- Conclusion

Presentation COLD PAD lors de la Journée Technique Collage à Pression le 14/06/2017



ColdShield® : renfort collé permanent pour l'offshore pétrolier



Présentation COLD PAD lors de la Journée Technique Collage à Pessac le 14/06/2017

Confidential information

Formats standards
0,5 à 5 m²

Apport en épaisseur équivalent acier
≈ 10mm

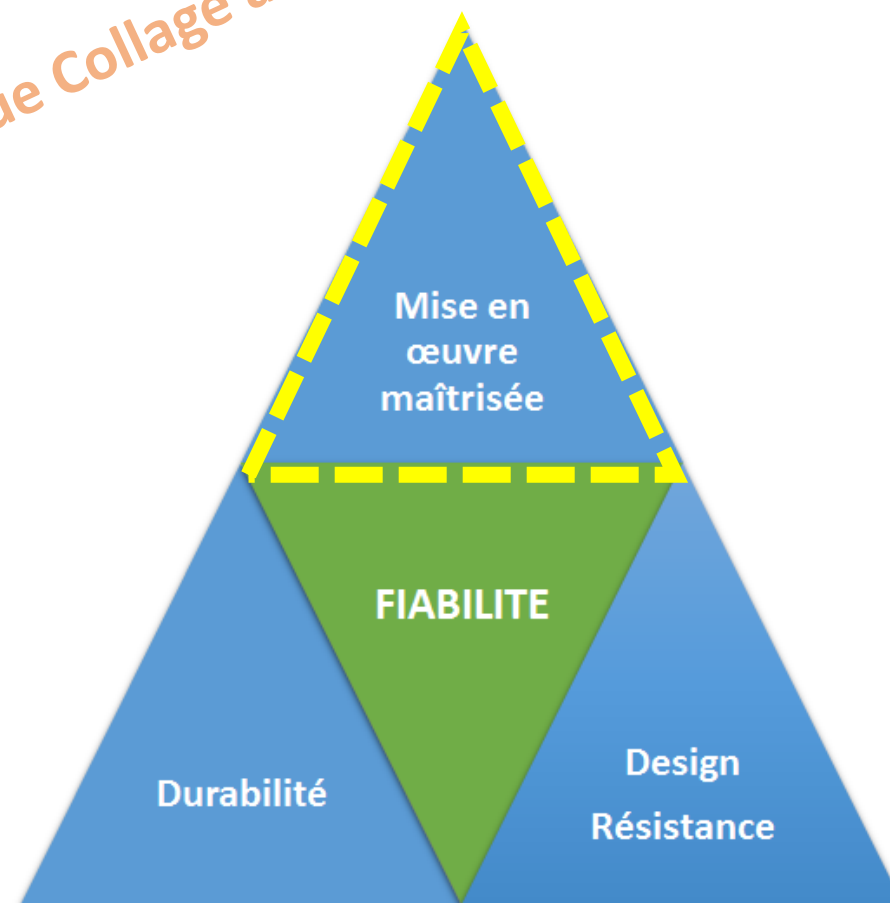
Fonctions :

- ➔ Restituer la capacité structurelle initiale
- ➔ Protéger contre corrosion additionnelle

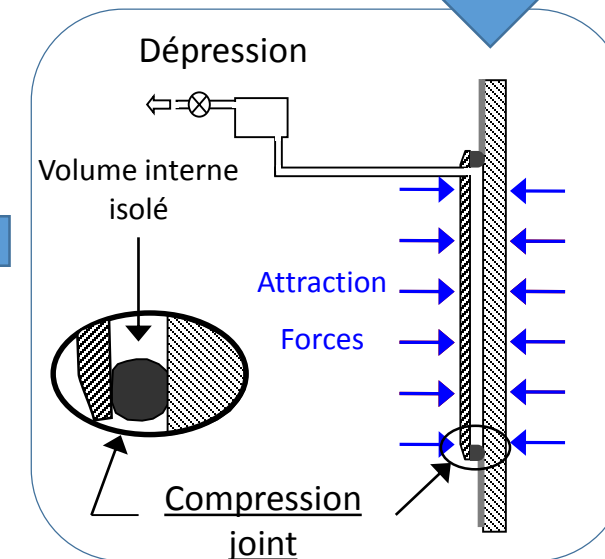
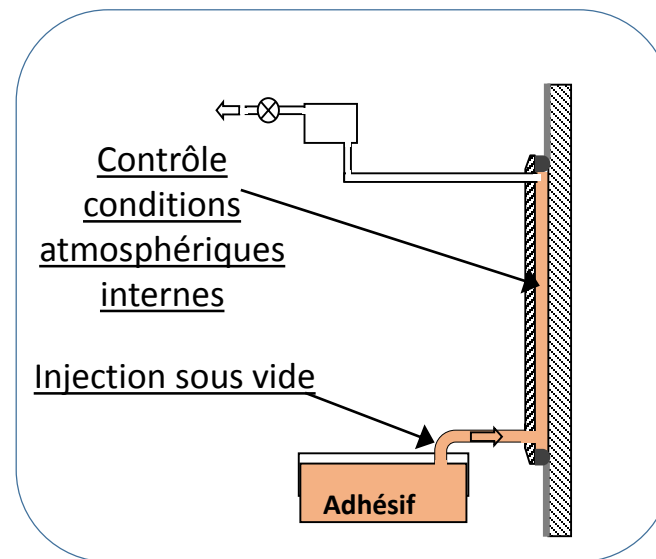
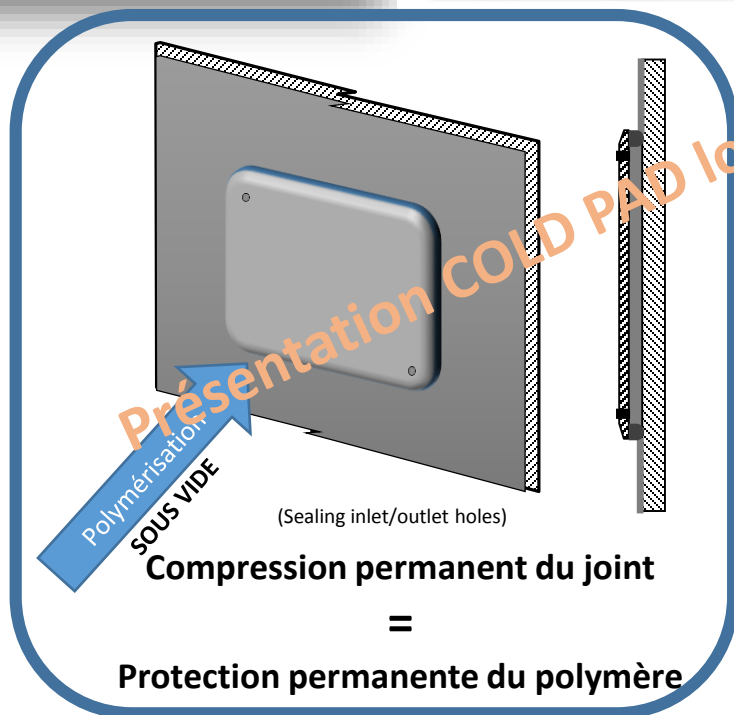
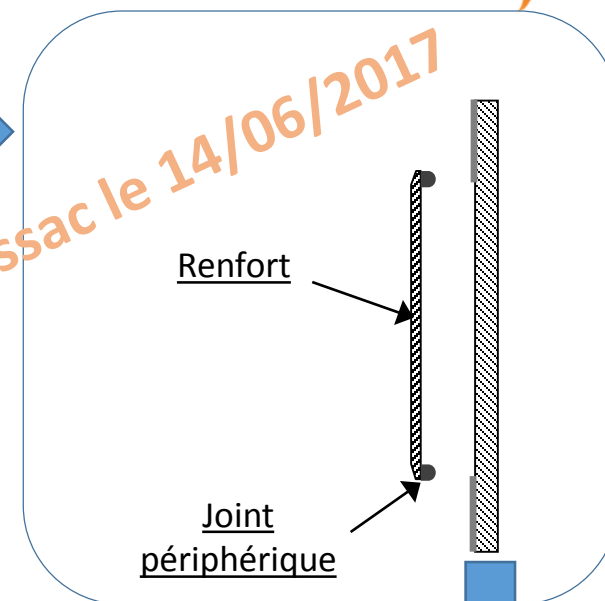
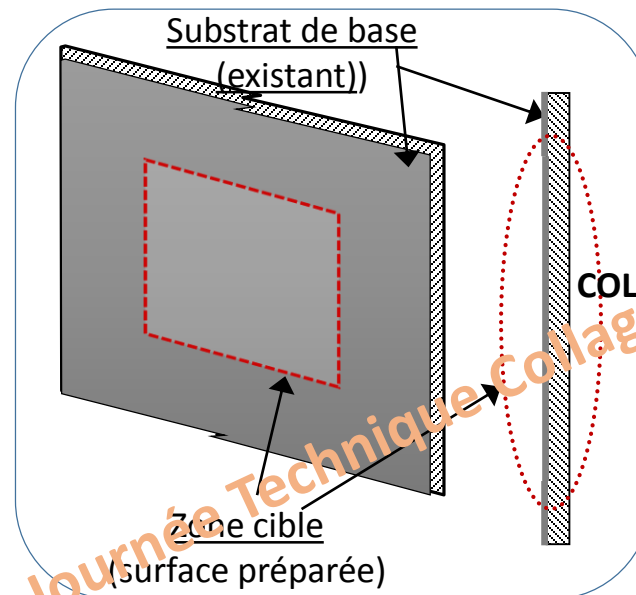
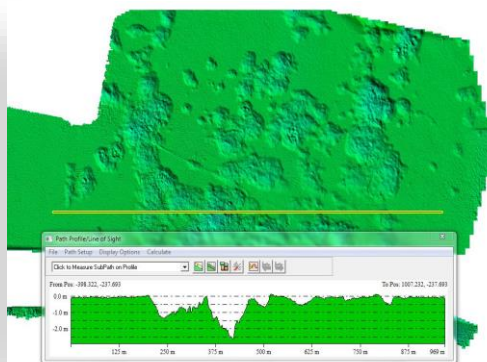
Reliable & Durable

- Contexte industriel
- Collage en environnement marin: limites et verrous technologiques
- ColdShield®:
 - Renfort collé permanent pour l'offshore pétrolier
 - Mise en œuvre contrôlée et répétable
 - Vers une durabilité accrue
- Conclusion

Presentation COLD PAD lors de la Journée Technique Collage à Press le 14/06/2017



ColdShield® - Mise en œuvre contrôlée et répétable



Safe, Reliable & Durable

Confidential information

Présentation COLD PAD lors de la Journée Technique Collage à Pessac le 14/06/2017

ColdShield® - Mise en œuvre contrôlée et répétable

- Mise au point d'un procédé/outil de collage industriel fiable, robuste et permettant de s'affranchir des conditions atmosphériques.



Mise au point labo
(Rescoll)



Essais prototypes 1:1
(DOPAG, IFPEN)



Installation industrielle sur FPSO

Présentation COLD PAD lors de la Journée Technique Collage à Pessac le 14/06/2017

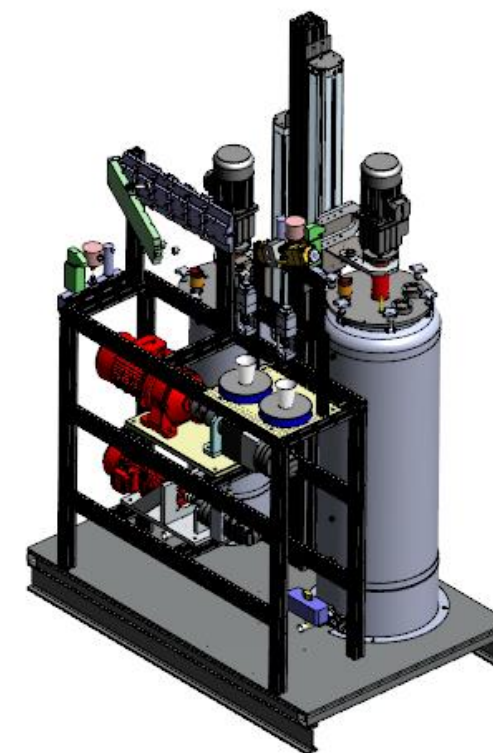
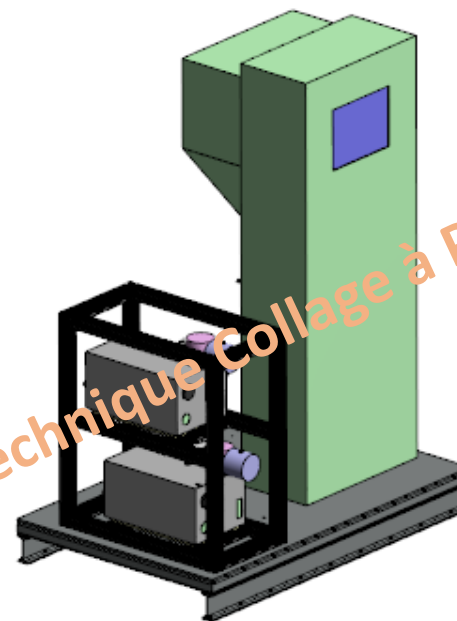


Safe, Reliable & Durable



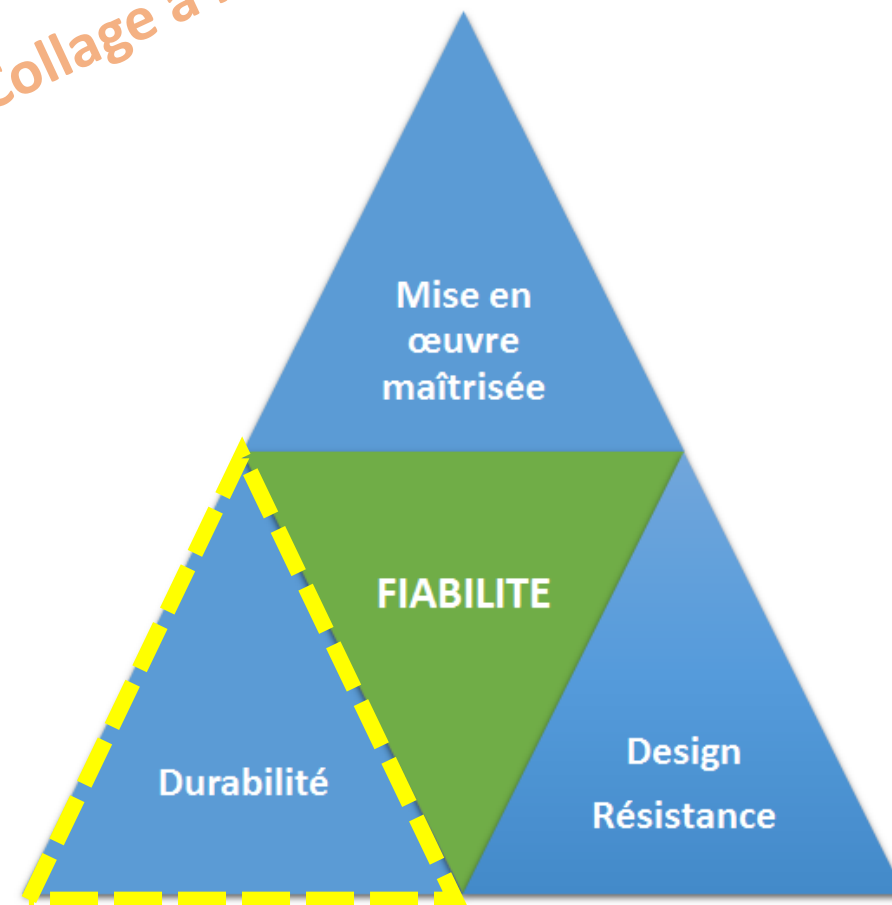
Mise en œuvre séquentielle semi-automatisée sur- mesure pour collage des renforts ColdShield

- ✓ Minimisation impact opérateur
- ✓ Insensibilité aux conditions atmosphériques (HR)
- ✓ Critères de validation à respecter à chaque étape (ratio dosage, HR, étanchéité...)
- ✓ Enregistrement continu de tous les paramètres → édition rapport QA/QC automatique



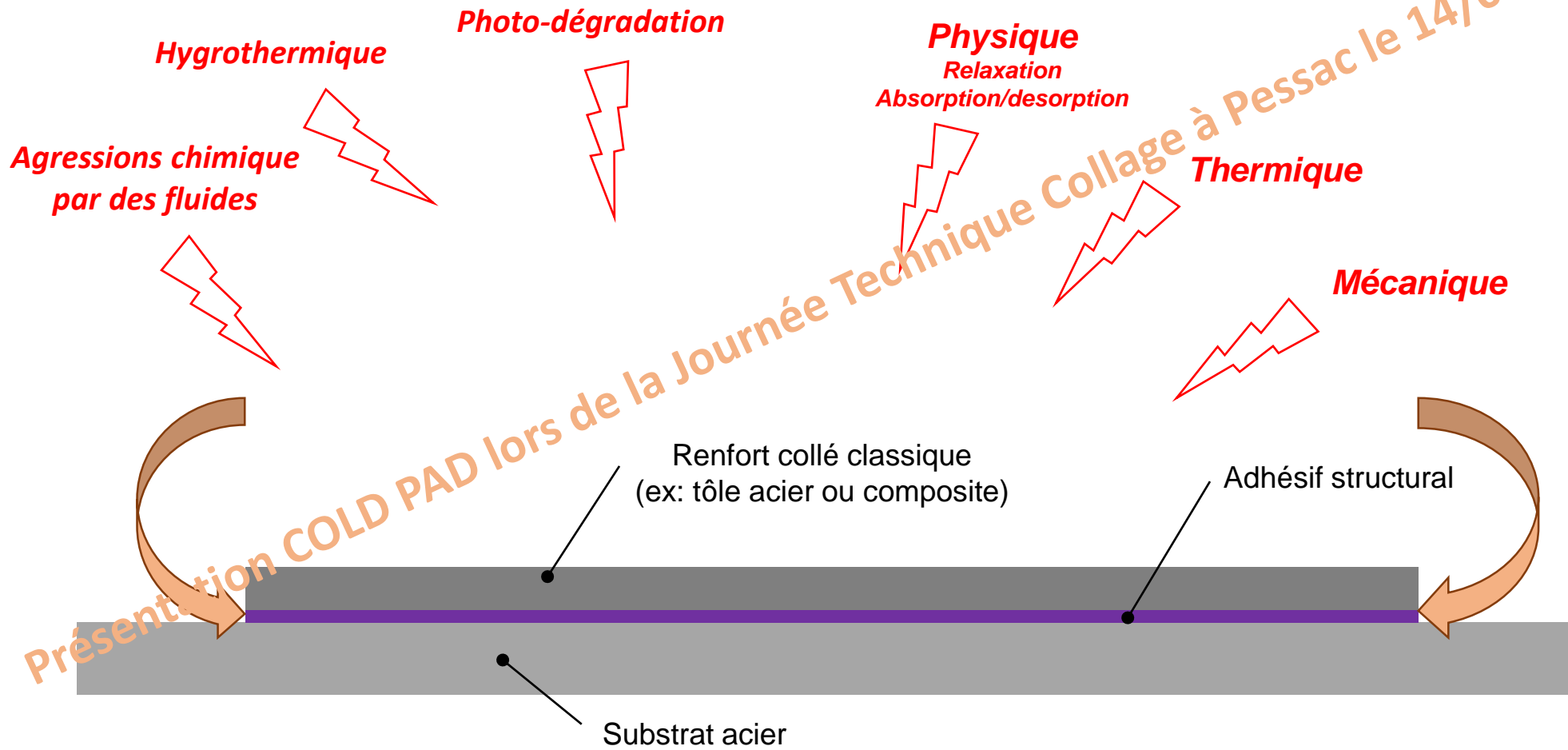
- Contexte industriel
- Collage en environnement marin: limites et verrous technologiques
- ColdShield®:
 - Renfort collé permanent pour l'offshore pétrolier
 - Mise en œuvre contrôlée et répétable
 - Vers une durabilité accrue
- Conclusion

Presentation COLD PAD lors de la Journée Technique Collage à Press le 14/06/2017



ColdShield® - Vers une durabilité accrue

- Décomposition des mécanismes de vieillissement sur renforts collés:

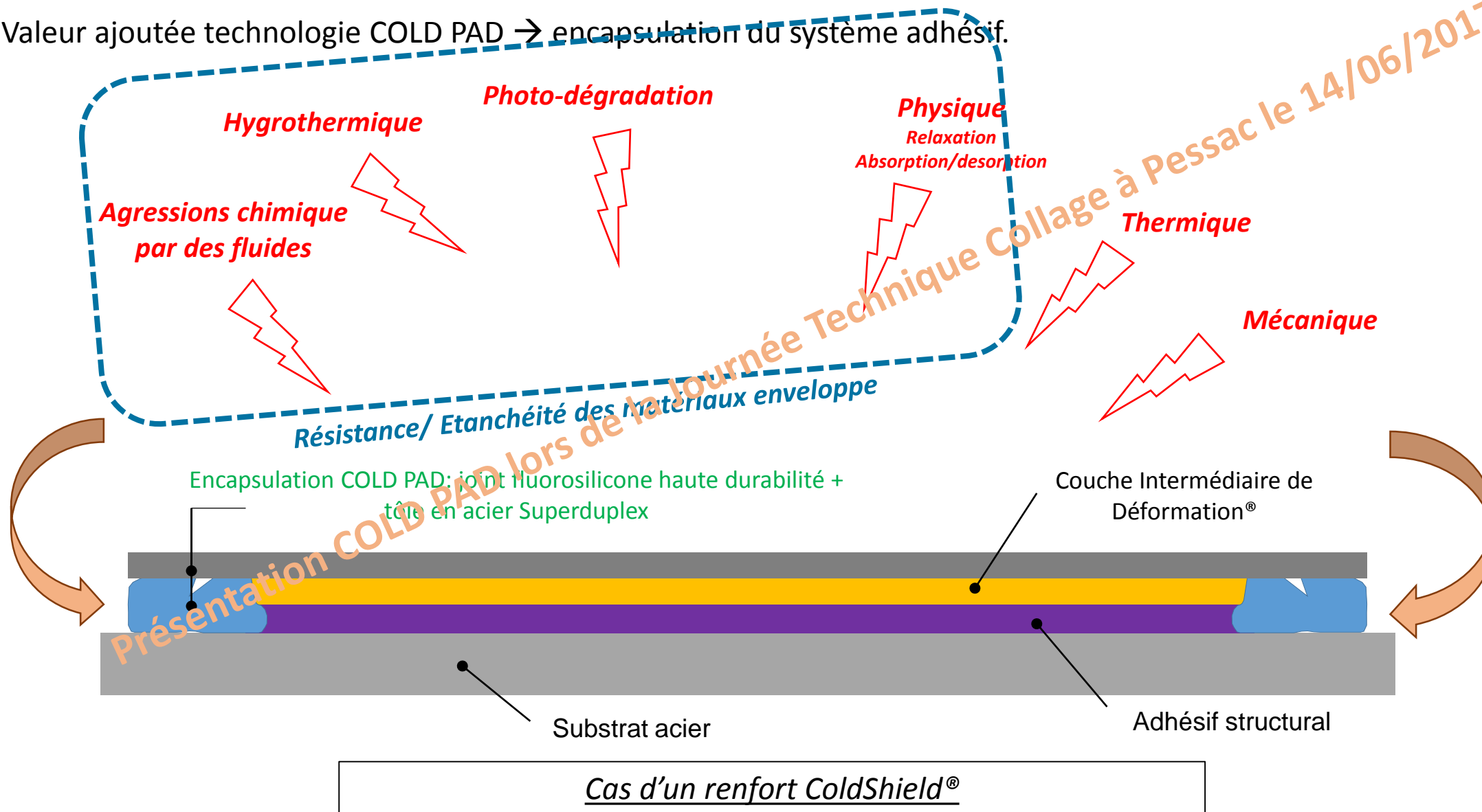


Présentation COLD PAD lors de la Journée Technique Collage à Pessac le 14/06/2017

Cas d'un renfort collé "Classique"

ColdShield® - Vers une durabilité accrue

- Valeur ajoutée technologie COLD PAD → encapsulation du système adhésif.



Présentation COLD PAD lors de la Journée Technique Collage à Pessac le 14/06/2017

Cas d'un renfort ColdShield®

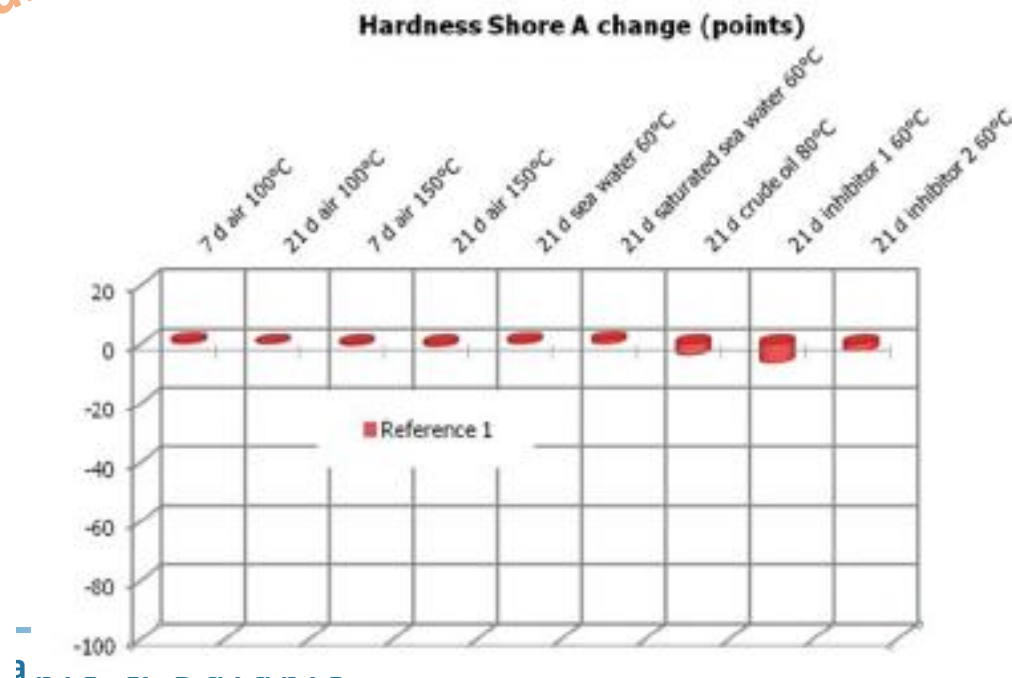
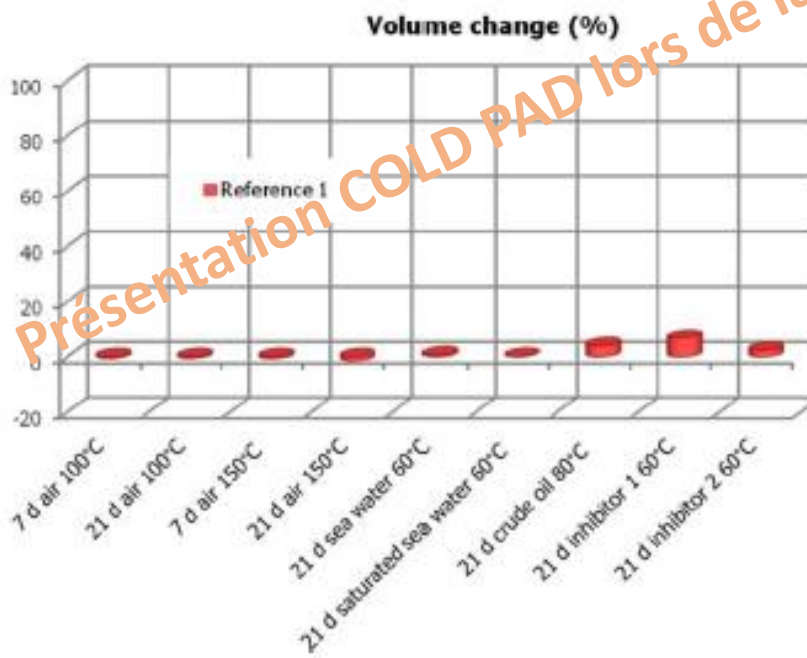
Safe, Reliable & Durable

Confidential information

ColdShield® - Vers une durabilité accrue

- Développement d'un joint d'étanchéité basse dureté sur mesure pour application ColdShield®:
 - ✓ Sélection de la famille des élastomères base silicone fluoré (FVMQ)
 - ✓ Formulations sur-mesure en laboratoire
 - ✓ Essais de vieillissements accélérés - exposition à différents agents (eau, pétrole, température...)

- ❖ Formulation et réalisation de prototypes labo
- ❖ FVMQ basse dureté ≈ 25 Shore A
- ❖ Faible DRC



ColdShield® - Vers une durabilité accrue

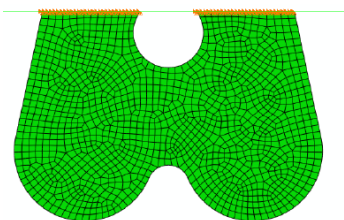
- Design du joint périphérique (EF) → fonction étanchéité pour l'application ColdShield®
 - ✓ Absorber les irrégularités de surface (de l'ordre de quelques mm)
 - ✓ Assurer une pression de contact suffisante en instantané et en service

Règle de dimensionnement de base en étanchéité au contact :

$$P_s \geq 2 \times \Delta P$$

Niveaux de pression de contact largement suffisants pour assurer une étanchéité durable

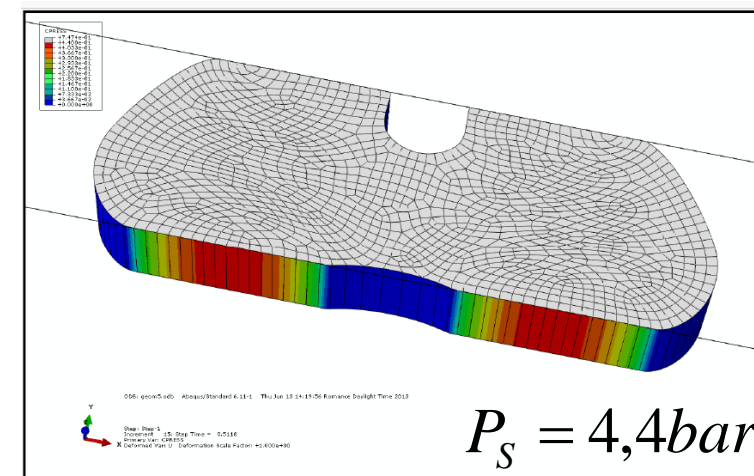
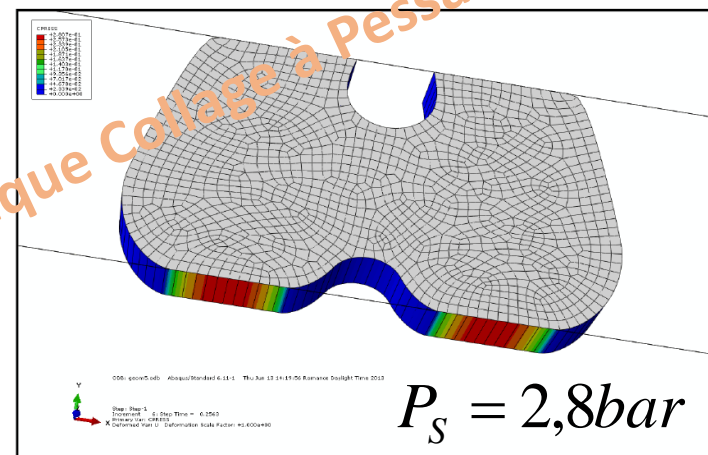
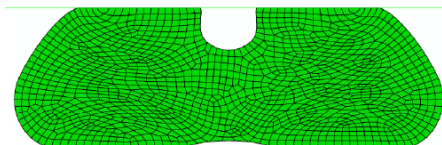
Repos



Compression 5mm



Compression 10mm



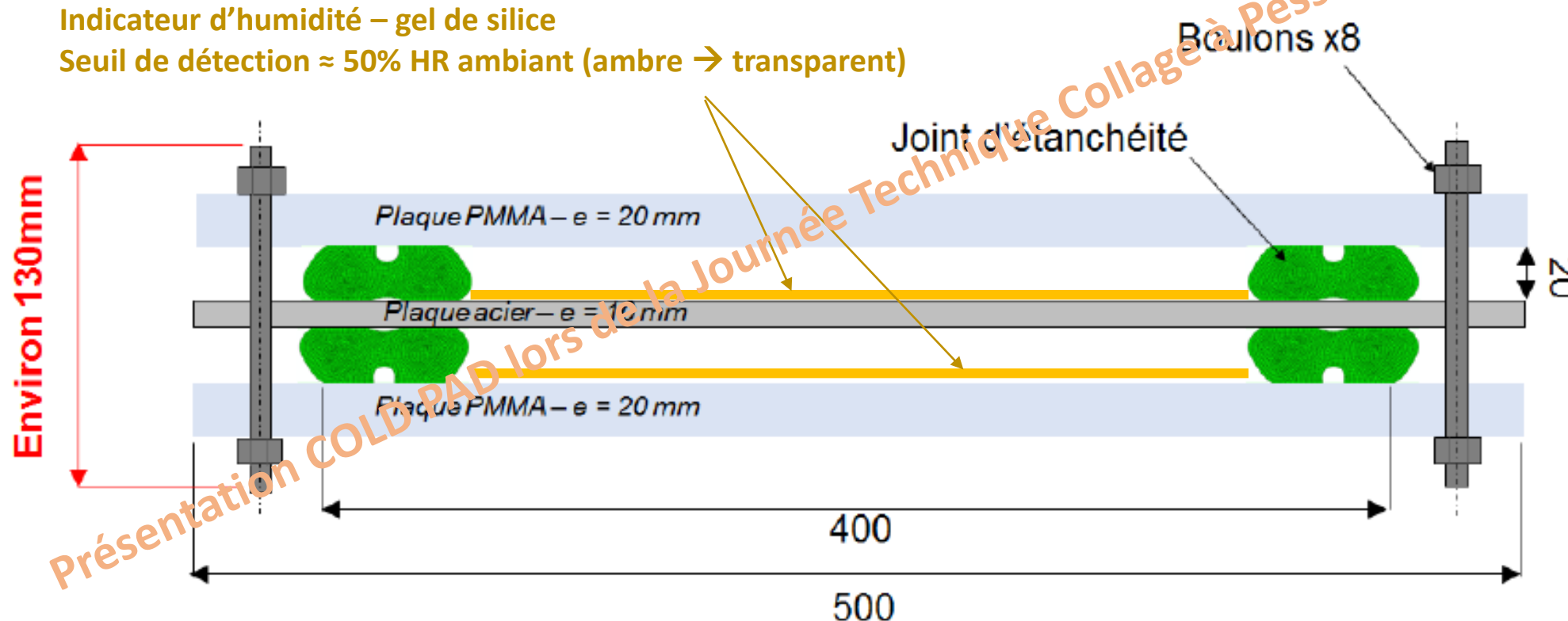
Safe, Reliable & Durable

Confidential information

Présentation COLD PAD lors de la Journée Technique Collage à Pessac le 14/06/2017

- Essais de démonstrations → mise en évidence de l'étanchéité du joint issue d'une fabrication industrielle

Indicateur d'humidité – gel de silice
Seuil de détection ≈ 50% HR ambiant (ambre → transparent)



ColdShield® - Vers une durabilité accrue

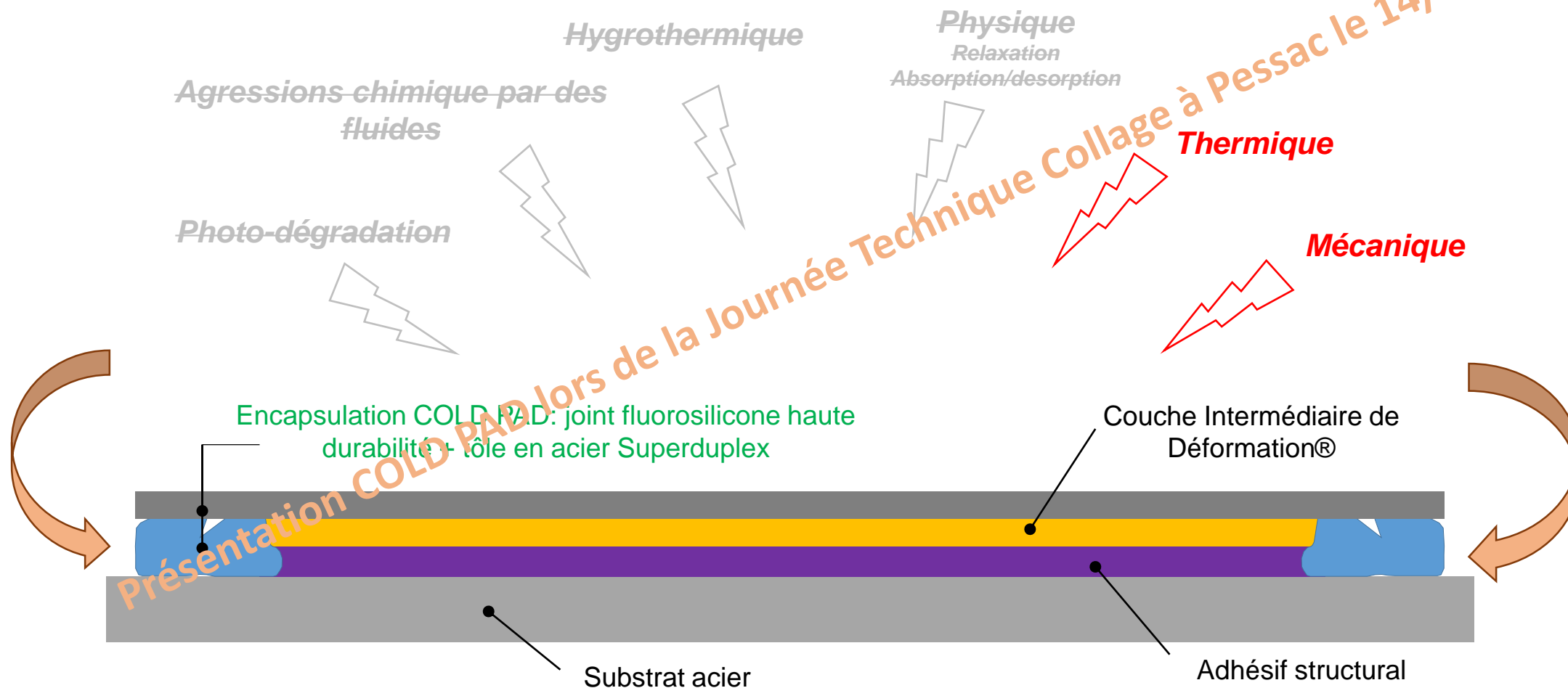
- 12 mois d'immersion en eau à 55°C



**Pas de changement de couleur du réactif
Etat de surface acier sablée = intact**

ColdShield® - Vers une durabilité accrue

- Valeur ajoutée technologie COLD PAD → encapsulation de l'adhésif.

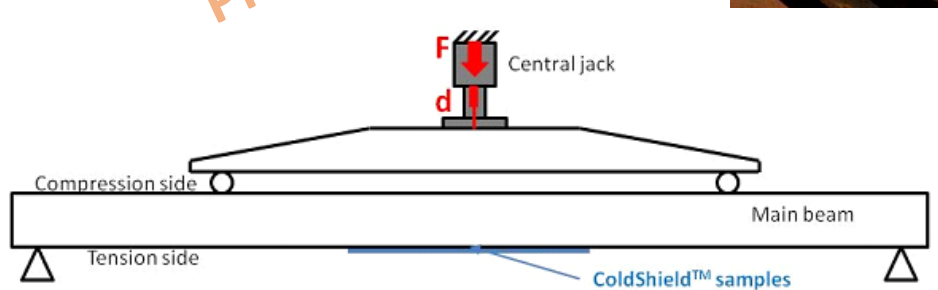
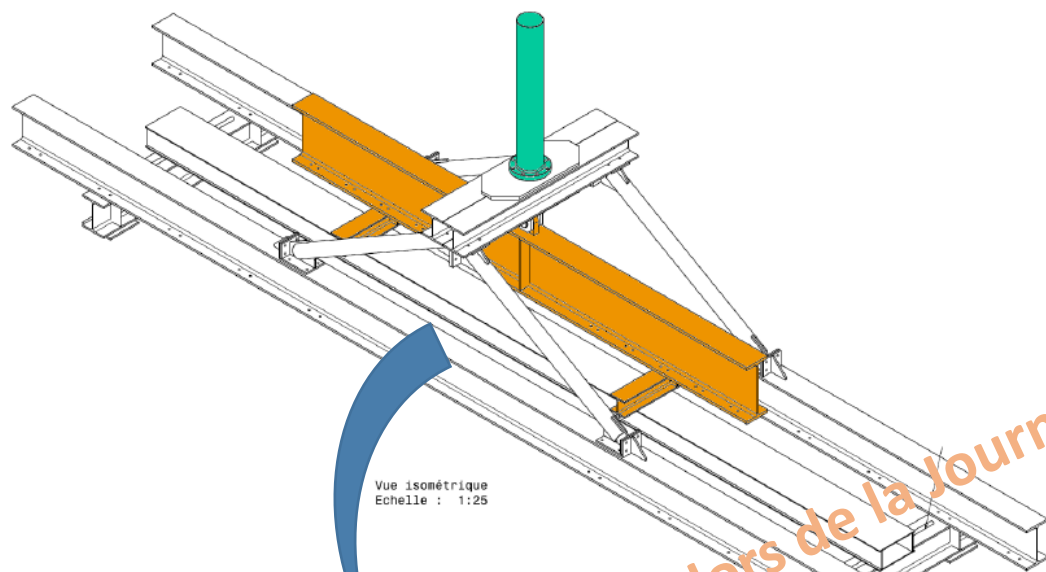


Cas d'un renfort ColdShield®

Safe, Reliable & Durable

ColdShield® - Vers une durabilité accrue

- Vieillissements thermiques et mécaniques investigués au cours d'essais de démonstration échelle 1:1 à l'IFP-EN:



- Vieillesse thermique : cyclage thermique entre T_{min} et T_{max} représentant ≈ 10 ans de service et sous chargement statique.

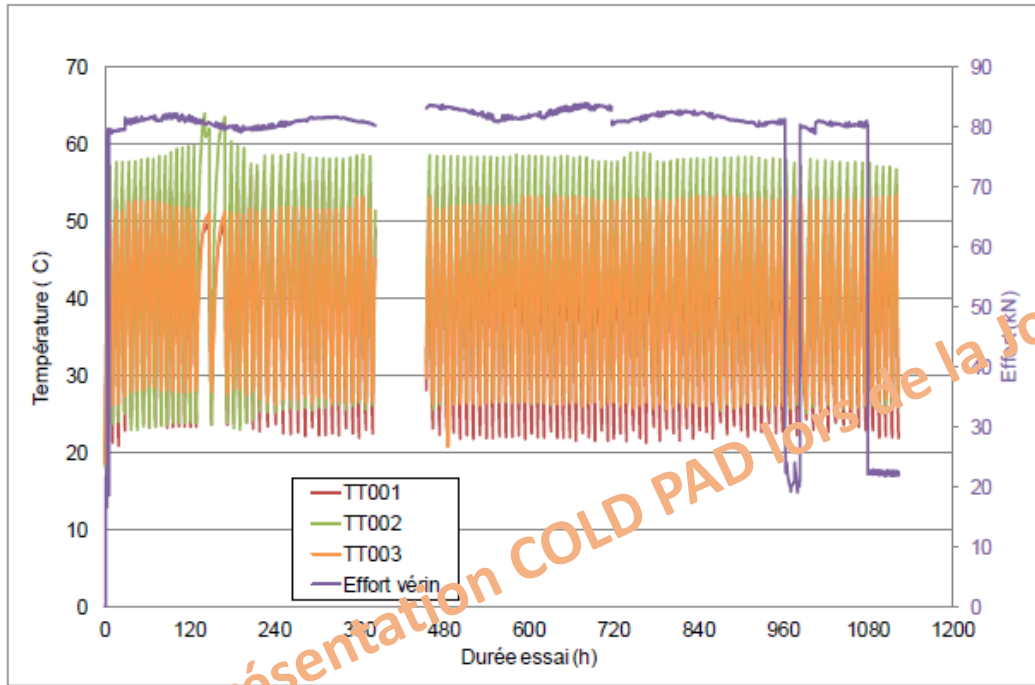


Figure 82 : Séquence de chargement en cycles thermiques sous effort quasi constant – Ph. 5.1.

- **Comportement du renfort correctement modélisé**

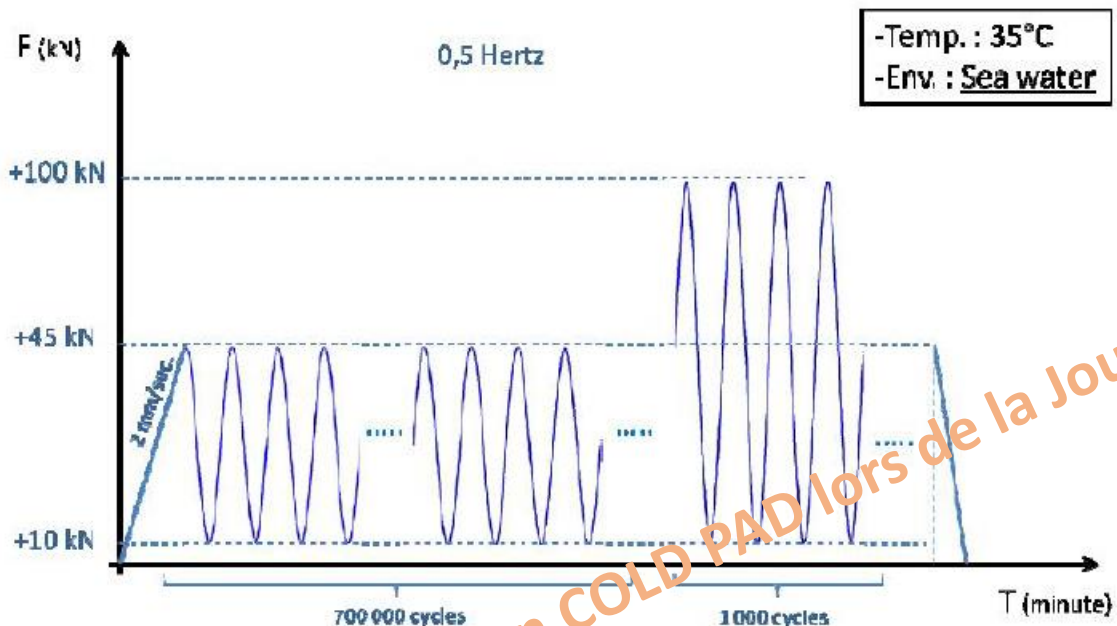
- Définition & implémentation de modèles viscoélastiques des polymères
- Confrontation données expérimentales vs. Numériques

→ Prédiction du comportement du « renfort » sous cyclages sévères et temps longs



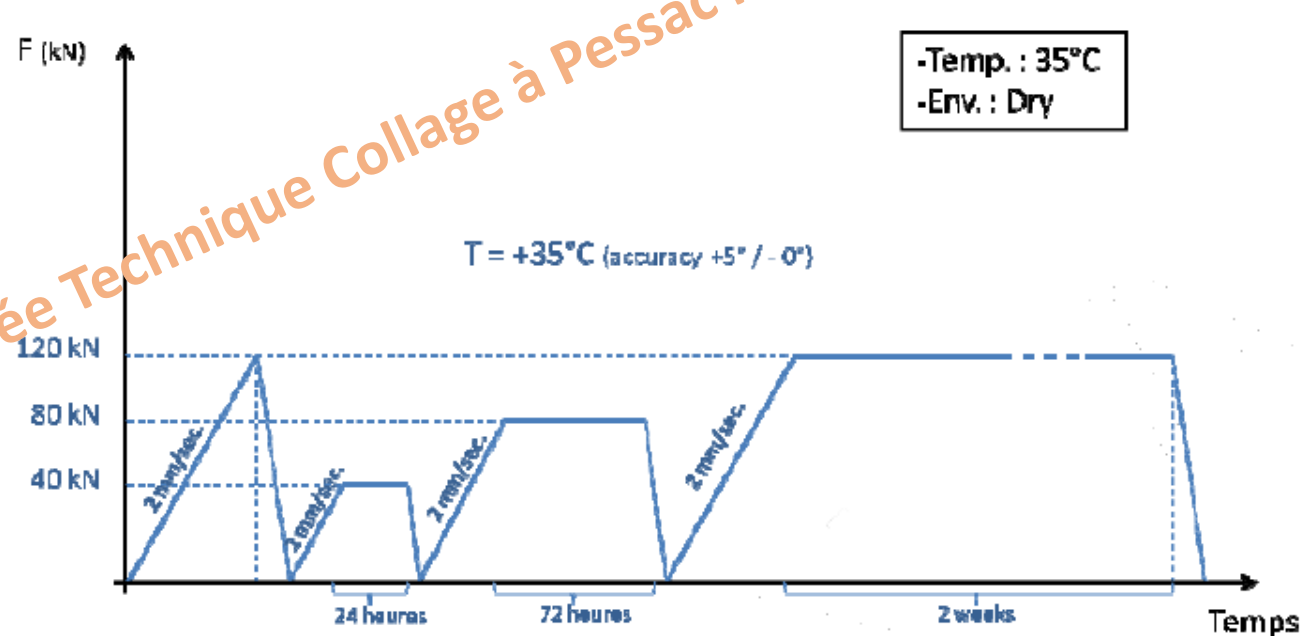
- **Pas d'impact sur la résistance du renfort**

- Vieillessement mécanique :



FATIGUE

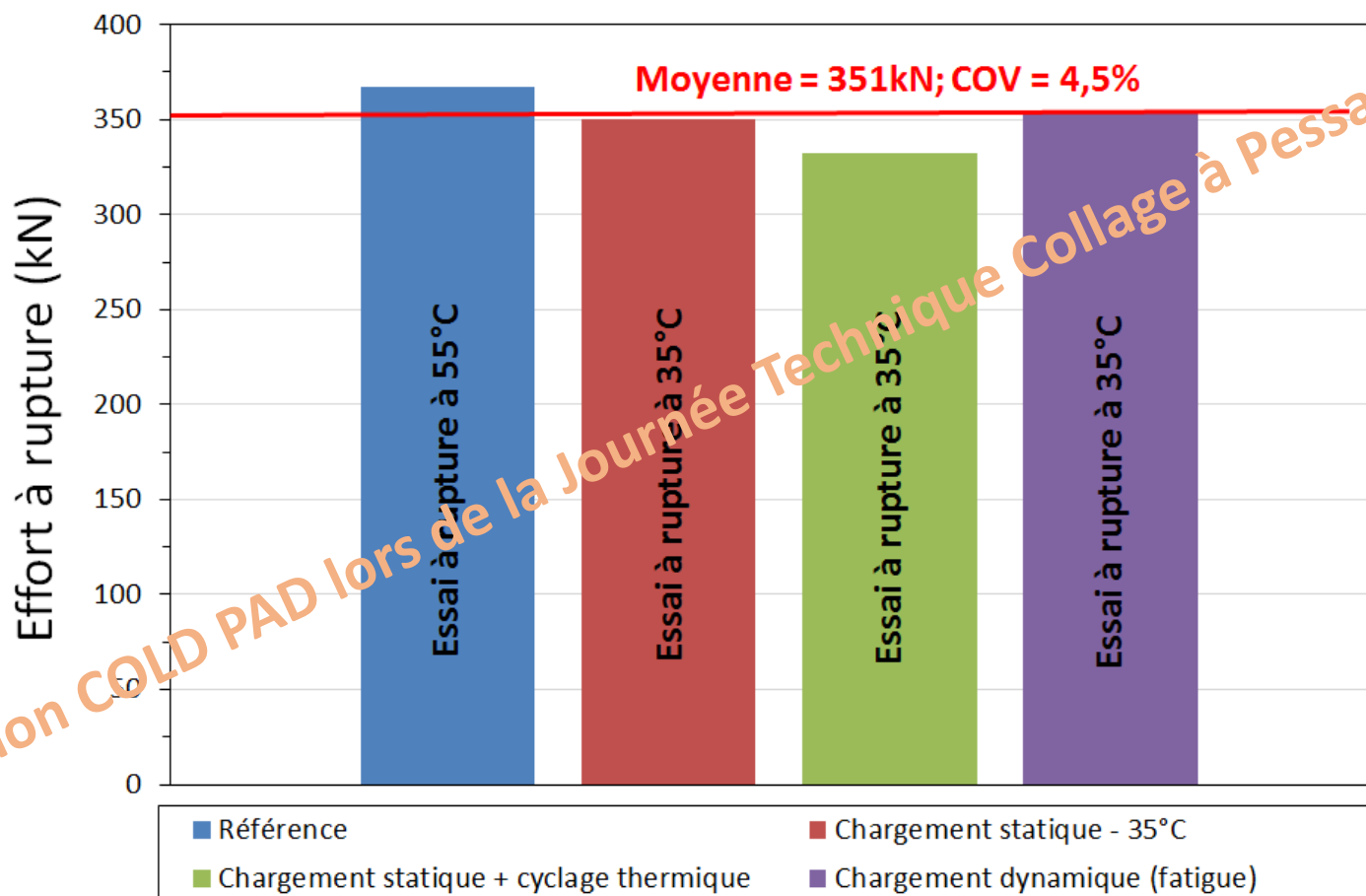
Essai de fatigue représentant environ 20 ans de sollicitation d'un pont de FPSO (essai en immersion eau salée)



CHARGEMENT STATIQUE

Essai de fluage sur le substrat induisant un phénomène de relaxation au niveau de l'adhésif (déformation imposée)

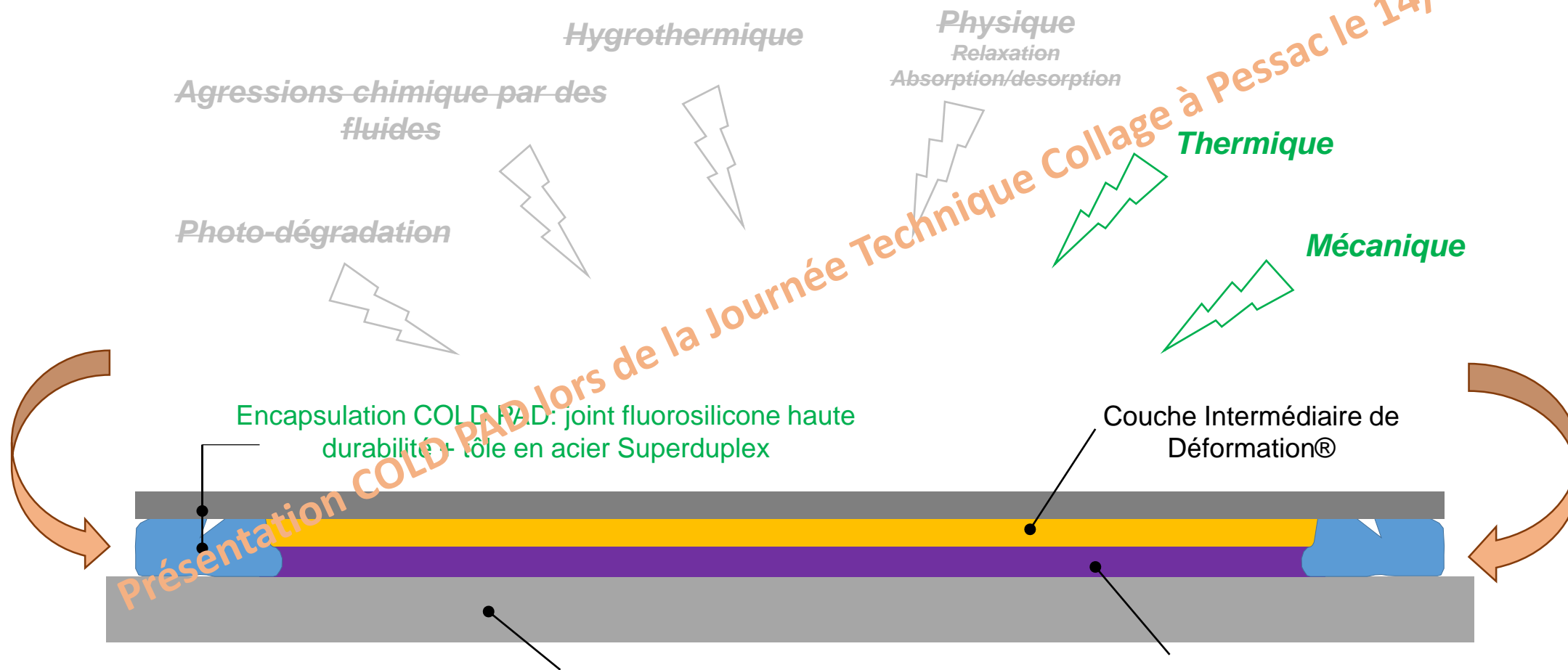
- Pas d'impact des différents historiques de chargement sur la résistance intrinsèque du renfort



→ Les limites de l'acier sont atteintes (plastification ici pour un acier à $f_y=400\text{MPa}$) avant la ruine du renfort qui intervient par rupture adhésive quelle que soit l'historique de chargement.

ColdShield® - Vers une durabilité accrue

- Les mécanismes de « vieillissement » agissants sont caractérisés et appréhendés lors du dimensionnement du renfort.

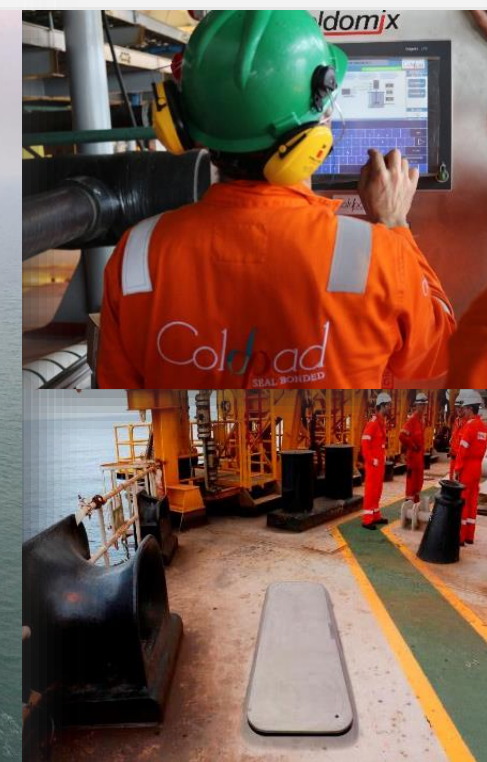
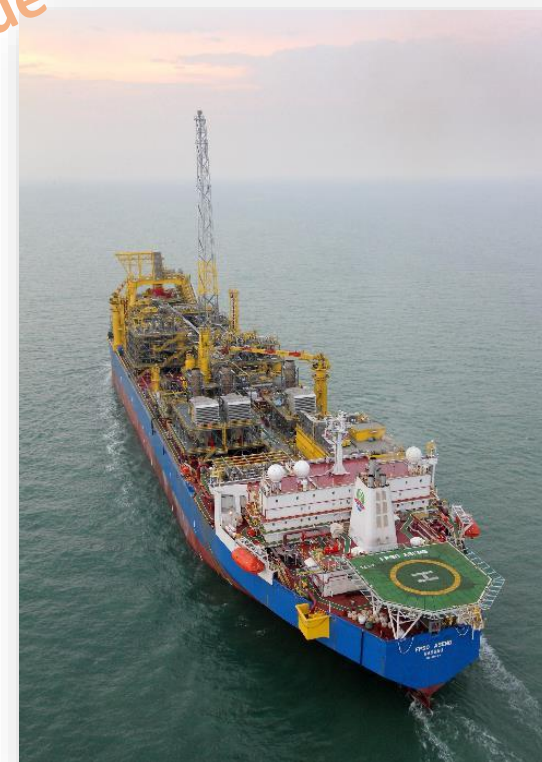


Cas d'un renfort ColdShield®

Safe, Reliable & Durable

- Contexte industriel
- Collage en environnement marin: limites et verrous technologiques
- ColdShield®:
 - Renfort collé permanent pour l'offshore pétrolier
 - Mise en œuvre contrôlée et répétable
 - Vers une durabilité accrue
- Conclusion

Presentation COLD PAD lors de la Journée Technique Collage à Pression le 14/06/2017



Conclusion

Technologie brevetée COLD PAD = procédé de collage via principe d'encapsulation ayant 2 vertus:

- ✓ Contrôle des conditions et fiabilisation de la mise en œuvre, même en environnement sévère
- ✓ Préservation du système adhésif en service → inhibition des principaux mécanismes de vieillissement

Unique solution de renforcement à froid approuvée par les organismes de Classification

- ✓ Renfort participant à la résistance d'ensemble du navire
 - ✓ Renfort ayant le statut « permanent » (**Design Life = 10 ans mini**)
- Véritable alternative au « crop&renew » (travaux à chaud)



ColdShield® a été co-développée avec:



Programme qualification audité par :



Distinction

1st prize winner at Innovation Award



Références





Xabier ERROTABEHRE

CTO

Tel : +33 14554 7987
Mob: +33 675316774
xe@cold-pad.com

*Paris Innovation Boucicaut
130, rue de Lourmel
75015 PARIS - France
<http://www.cold-pad.com>*