Matériaux composites thermoplastiques pour le stockage de l'hydrogène sous haute pression

Développement de réservoirs d'hydrogène recyclables : les défis scientifiques et technologiques

Larbi Jaffel[2], Noamen Guermazi[2], Monia Grabow[1], Marc Jaouen[1], Cyran Le Guennec[1], Yves Grohens[1]

[1]ComposiTIC platform, Université Bretagne Sud, 2 allée Copernic, 56270 Ploemeur, France

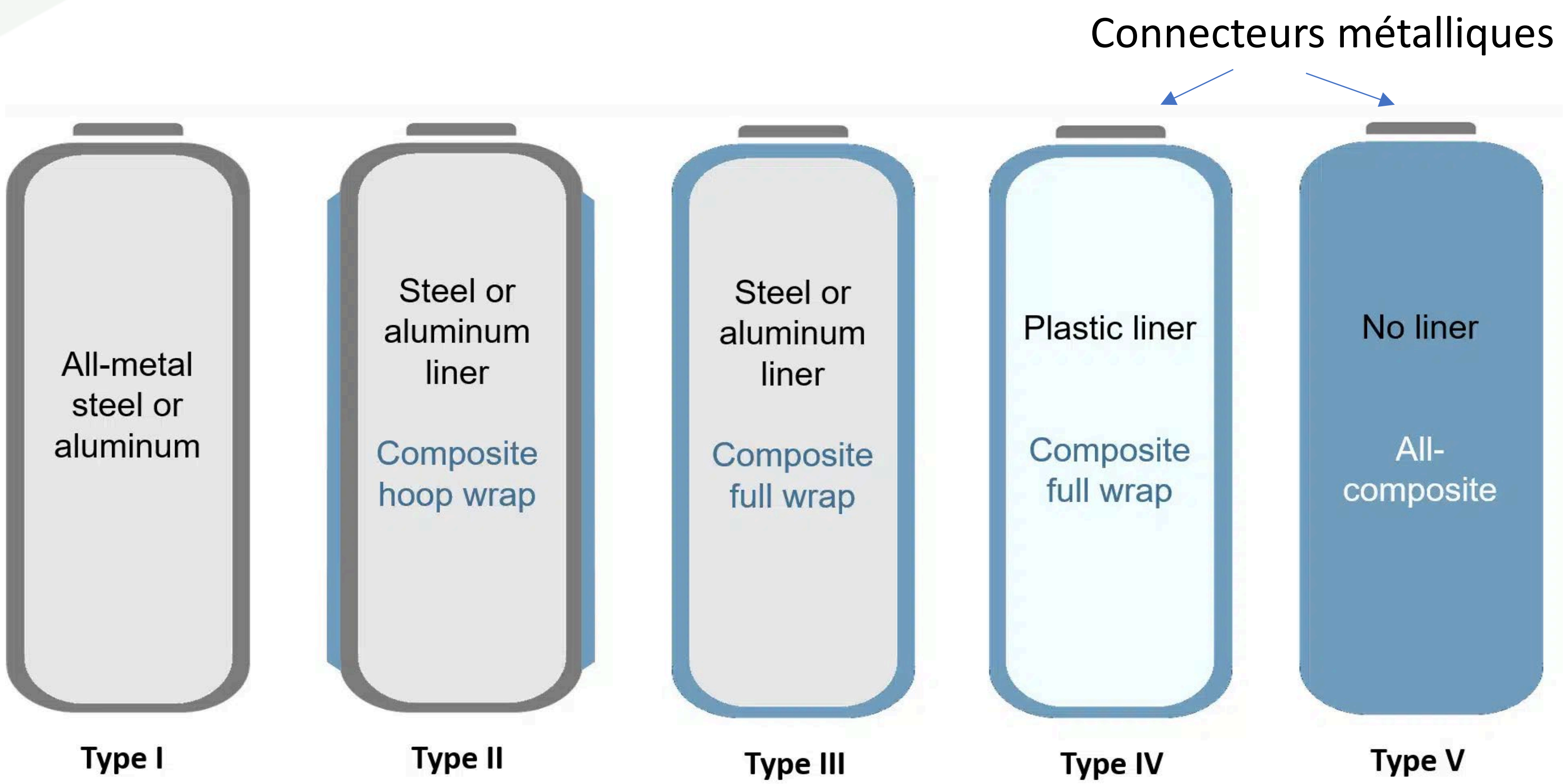
[2]LGME lab, École nationale d'ingénierie de Sfax, Université de Sfax, 3038 Sfax, Tunisie

Décarbonation : l'hydrogène pour l'énergie

Solutions de stockage d’hydrogène

technique
compositic
Université Bretagne Sud

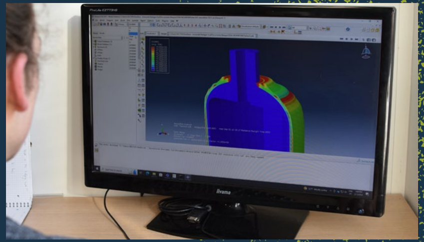
Différents types de réservoirs sous pression pour le stockage de l'hydrogène



Sans liner, le Type V, est léger de 20 % comparé au type IV

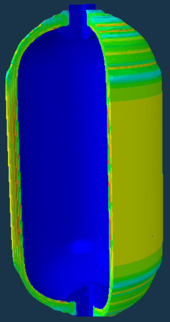
Défis pour les cuves sous pression à hydrogène

Exigences pour la conception de réservoirs d’hydrogène



Pre-Design
Exigences pour la conception de réservoirs d’hydrogène

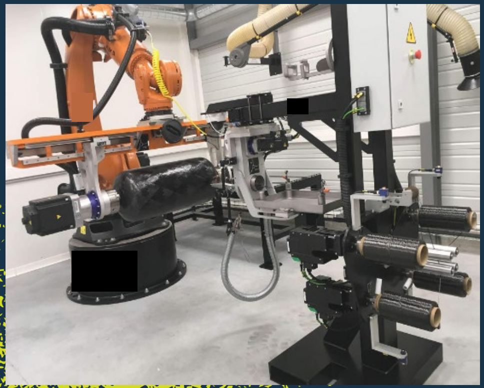
Qualification
Burst test
Pressure cycling
Other in-house or outsourced tests



Pre-Design
Exigences pour la conception de réservoirs d’hydrogène

Material
Materials watch
Formulation and manufacturing of semi-products (liner, tape)
Materials selection and characterization
-40°C / +85°C

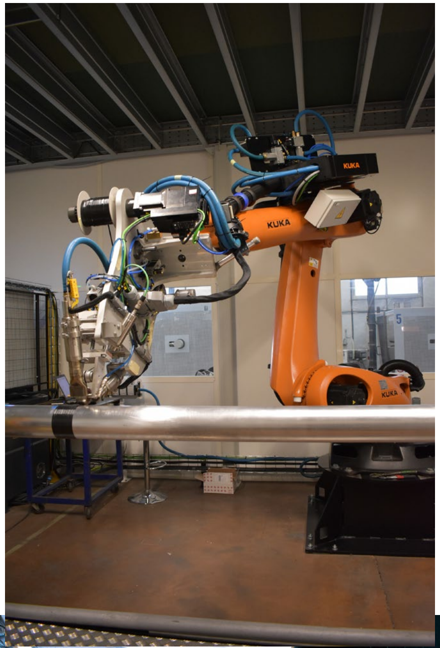
Manufacturing
Tank manufactured by filament winding or AFP
Thermoset or thermoplastic



Pre-study validation

Plateau technique
compositic
Université Bretagne Sud

Processus et matériaux : sélection et impact



Conception et fabrication de cylindres composites et de réservoir de type IV

Processus :

Enroulement robotisé du filament : pas de pression sur les bandes

Placement automatisé de la fibre (AFP) : T contrôlée et pression

Matières premières pour composites (bandes de matières premières) :

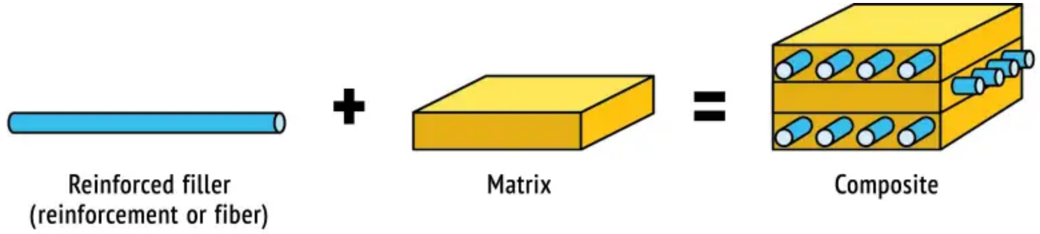
Fibre : carbone, verre, naturel

Matrice : thermoplastique (PA, acrylique) & thermodurcissage (époxy)

Matières premières pré-imprégnées (fabrication de ruban)

Choix des matières premières et caractérisation

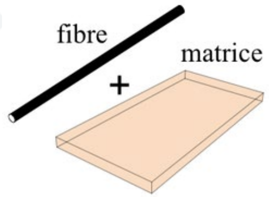
- Des anneaux ou des plaques d'enroulement pour fabriquer des coupons de test (résistance à la traction, test NOL) avec vos propres matériaux.
- Tests standards : résistance à la traction, flexion, cisaillement, K1C, fatigue...
- Analyse morphologique ou physico-chimique sur un vaisseau : tomographie, microscopie...

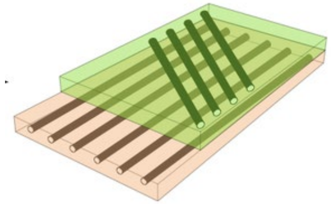


15/07/2026

Plateau technique compositic Université Bretagne Sud

Origine des variations des propriétés du matériau





Components → **Tape** → **Stacking** → **Tank**

Components → Tape:
- Fiber tension
- Polymerization
- Material quality (porosity, fibre content)

Tape → Stacking:
- Crossings
- Plies Interfaces
- Thickness effects
- Material quality (porosity, fibre content)
- Compaction

Stacking → Tank:
- Defects: resin pockets, bridging, corrugation
- Thickness effects
- Polymerization: exothermy, duration
- Residual thermal stresses
- Material quality (porosity, fibre content)

15/07/2026

Plateau technique compositic Université Bretagne Sud

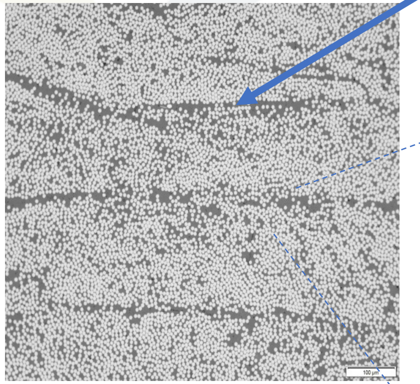
Chaine numérique et données d'entrée

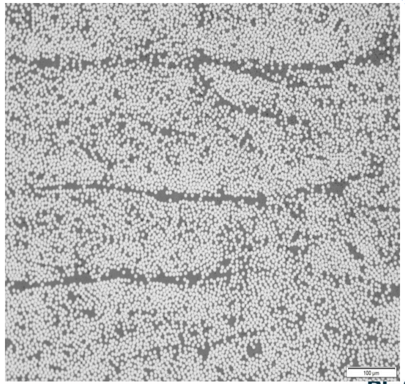
Modélisation du comportement des reservoirs et comparaison expérimentale

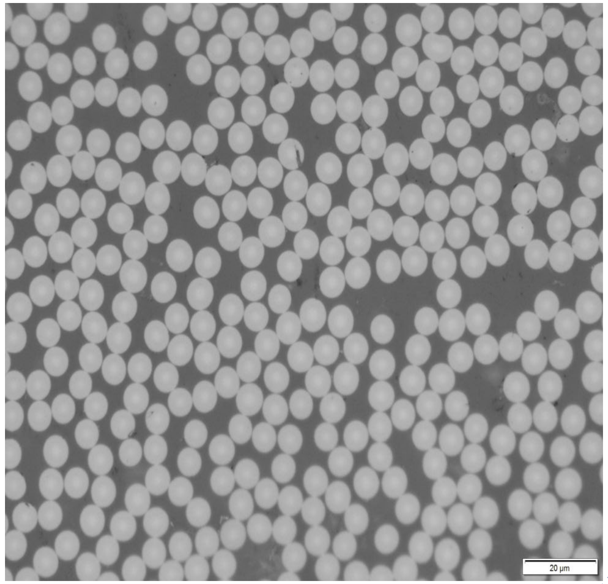
Origine des défauts entre contreplaqués dus à des espaces

Observation des défauts locaux dus à la fabrication de thermoplastiques

Uncomplete Interface healing







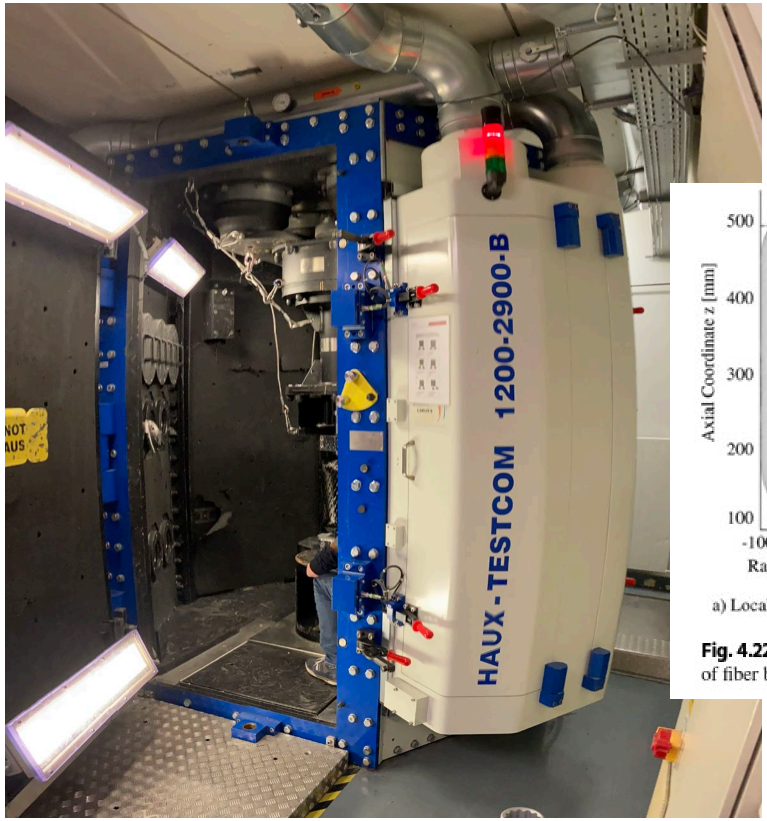
Porosity and gaps

Plateau technique compositic Université Bretagne Sud

Ressources de qualification– Burst test

Burst test and cycling characterization machine

- Pressurisation from the bottom part
- Maximum internal hydraulic pressure 2000 bar
- Able to program tank cycling



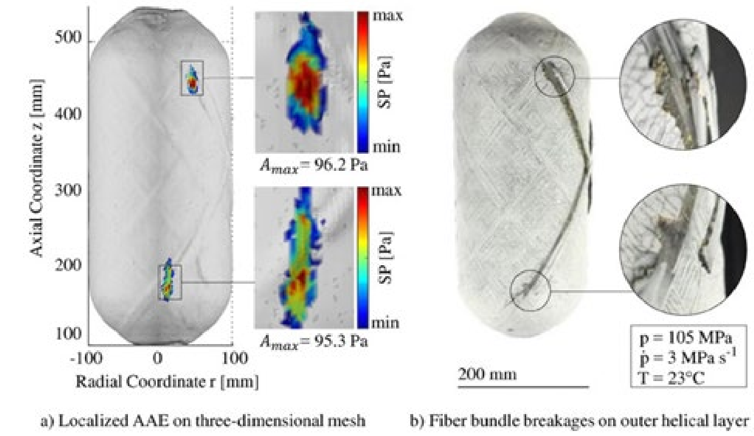
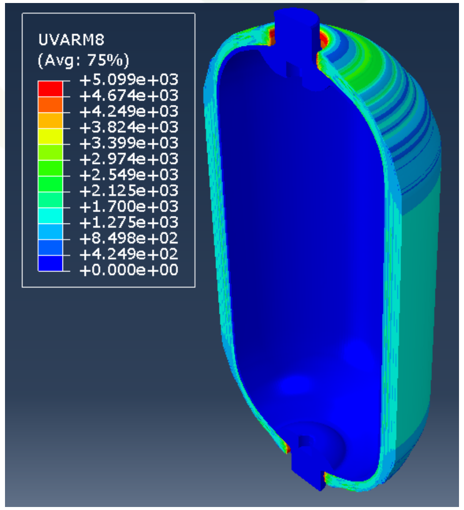


Fig. 4.22 Comparison of emission localization on three-dimensional mesh to the positions of fiber bundle breakages on the outermost helical layer

Essai destructif: Burst test



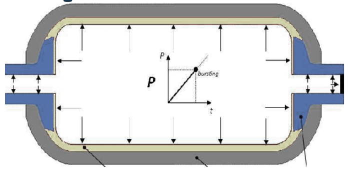
Burst at 1508 bar ✗

Base ejection ✗

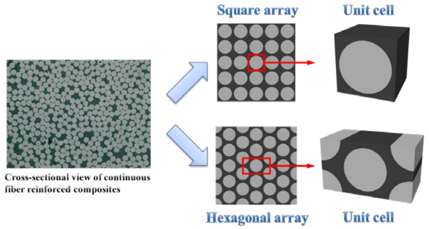
Burst at 1610 bar ✓

Rupture in the hoop: "safe mode" ✓

Défis scientifiques pour les cuves thermoplastiques

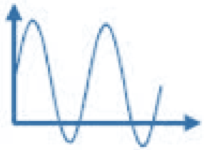


Understand the behaviour of a thick laminate subjected to internal pressure (elasticity, fracture)

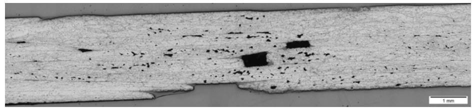


Establish models and homogenisation laws adapted to filament winding

Create semi-structural test devices on a filament-wound composite specimen, to obtain its in-plane and out-of-plane properties



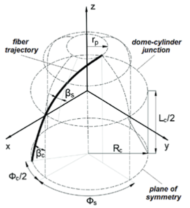
Develop tests to understand material behaviour and interfaces under cycling conditions at extreme temperatures



Integrate manufacturing parameters into numerical models (porosity, fibre content, residual thermomechanical stresses)

Assess the environmental impact associated to a material and a process

Optimising fibre trajectories



Merci de votre attention