



Les fibres naturelles une solution pour les composites : point sur les développements dans le ferroviaire



Lénaïg Vénuat, Antoine Gasparutto, Pierre Rivard, Alexis Duborper, Arnaud Day, Pierre Bono

Fibres Recherche Développement



TransRAIL 2019

26-27 novembre



Fibres Recherche Développement[®]

FRD

**Société d'innovation privée
dédiée à la valorisation des fibres végétales en matériaux**

CRT  centre de
ressources
technologiques



Technopole de l'Aube en Champagne[®]
Hôtel de Bureaux 2 - B.P. 601
F-10 901 TROYES cedex 9
Tel: +33 3 25 83 41 90

Fibres Recherche Développement[®]



FRD mutualise l'effort de recherche de 11 actionnaires

- Producteurs de fibres végétales techniques (75 % du chanvre, 25 % lin oléagineux, 15 % lin et bois)
- Producteur de semi-produits
- Acteurs de la chimie du végétal
- Investisseurs



FRD rend les fibres végétales utilisables par l'industrie des matériaux

- Un laboratoire d'extraction, de fonctionnalisation et de caractérisation des fibres végétales
- Un important réseau de recherche national et international : plus de 30 centres techniques et laboratoires



MARCHES

Industriel des matériaux

- Souhaitent incorporer des fibres végétales
- Souhaitent un interlocuteur clairement identifié comme référent (gamme, qualité, approvisionnement, formulation matériaux, faisabilité technique et économique)

FRD crée de la valeur dans un rôle d'interface technique entre 2 mondes

RESSOURCES

Producteur de fibres végétales

- Possèdent les ressources
- Souhaitent une valorisation technique de leurs fibres
- Veulent développer les liens avec l'industrie des matériaux

Nos compétences en innovation

- **Base de connaissance** des marchés, des produits, des acteurs, des cahiers des charges, des procédés, de la ressource et de sa mobilisation
- **Fractionnement** et la **fonctionnalisation des fibres et préformes**
- **Formulation de matériaux** incorporant des fibres végétales : **isolation, bétons, panneaux, plasturgie, composites**
- Caractérisation et **management de la qualité**
- **Montage et pilotage de projet** de R&D



Etudes

- Fibres végétales
- **Panorama des coproduits pour matériaux**
- **Valorisation de la biomasse en matériaux**
- **Rouissage**
- **Procédés extraction**
- **Procédés fonctionnalisation**
- **Marché béton**
- **Marché isolation**
- **Gisement fibres européennes / exotiques**
- **Potentiel valorisation miscanthus**



Prestations / conseil



Fibres Recherche Développement®



Projet d'innovation

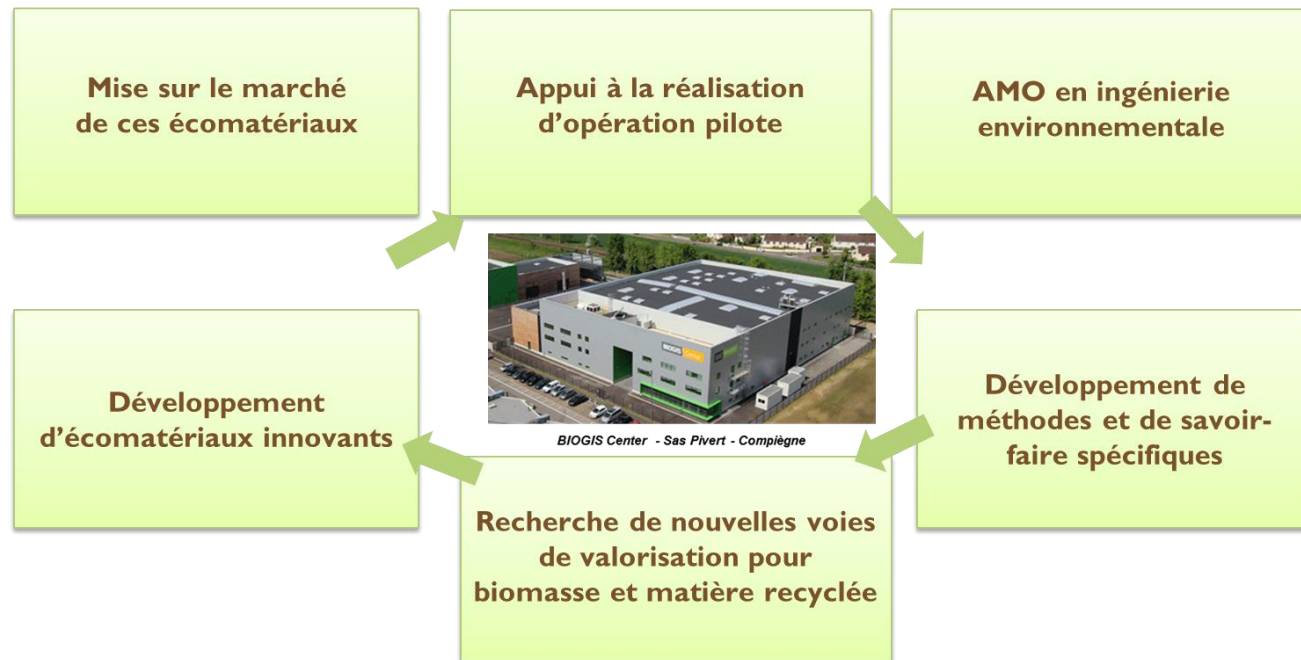
- Réponse aux **différents appel à projet** (Région, ANR, FUI, BPI, ADEME...) selon
 - les partenaires / clients
 - Les problématiques (TRL)
 - Les modalités de financements recherchées..

... Renforcées dans le domaine du Bâtiment

CODEM
LE BATLAB

CODEM

- Un acteur clé du développement et de l'évaluation technique, environnementale et sanitaire des matériaux issus de biomasse ou de matière recyclée dans le bâtiment



Notre expertise du champ au produit fini

- **Un portefeuille de projets applicatifs s'appuyant sur une base de connaissance**
- **Design de matière répondant aux cahiers des charges des marchés applicatifs**
- **Analyse et management de la qualité**
- **Innovation matériaux / offre de formation**
 - Connaitre le potentiel d'utilisation des fibres et renforts en matériaux
 - Formuler des matériaux innovants à base de fibres végétales
 - Adapter la production aux spécificités des fibres végétales et aux besoins de l'industrie
 - Maitriser la régularité des performances en procédés industriel
 - Fournir des études de références



Plusieurs thématiques proposées :

Production Fibres végétales Matériaux Bâtiment
Valorisations Plasturgie Filière Automobile

Public cible :



Nos réalisations / travaux en cours

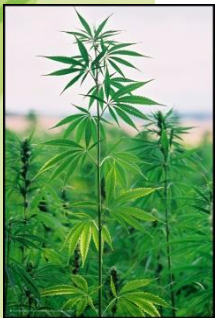
faurecia

Interior Systems



Target applications

Allègement



Substitution de polymère



Agrafes CB
Au service durable de la vigne



Dégradabilité contrôlée



"Jupe" de train

BOMBARDIER
l'évolution de la mobilité



Stratiforme Industries

Caisson de train



Propriétés mécaniques

Troyes



Isolation thermique



LA CHANVRIÈRE

VIVESCIA
l'innovation par nature

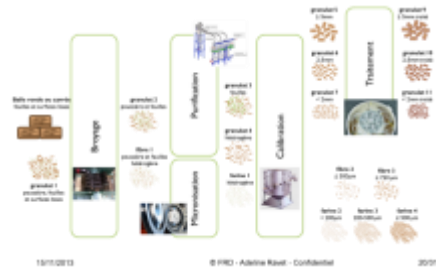


LAFARGE

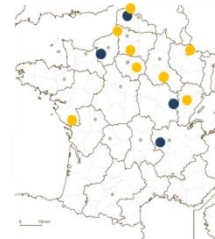
Nos réalisations / travaux en cours



Appui à la création de filières d'approvisionnement



- Fibres
- Renforts



Contrôle qualité

Fiche technique - Document d'accompagnement du certificat de conformité
2 Fiche technique : Fibres - Application
Compounds

sinfoni

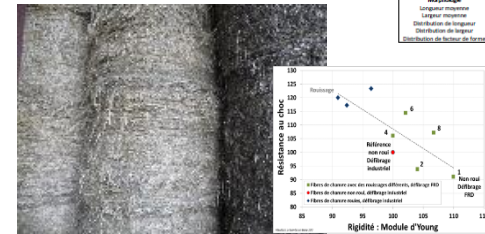
Société :
Référence : Fibres pour compounds

Description de la matière

Nature de la fibre	Fibres de chanvre de France
Paquetage	Oct. 2015

Données techniques

Propriété	Valeur	Unité	Norme
Taux d'humidité	11,2 à 13,1	%	
Proximité granulométrique < 200 µm	< 2	%	
Module caractéristique	6,1 à 6,3	%	
Module caractéristique	100 à 105	kgf/cm ²	
Propriétés mécaniques - Fibrilles que Sinfoni			
Module élongation	15,5 à 8,8	GPa	
Résistance à la traction	200 à 208	MPa	
Allongement à la rupture	6,0 à 1,7	%	
Classe			
L*	92,8		
a*	1,7		
b*	20,7		
Morphologie			
Longueur moyenne	2,8 à 1,5	mm	
Longueur maximale	1,05 à 0,5		
Distribution de longueur et courbe			
Distribution de largeur de coupe et courbe			
Distribution de largeur de coupe			



Etudes



SUPPORT FINAL

Notre logique d'innovation

- **Quelles fibres idéales produire pour alimenter les marchés et apporter des avantages différenciants sur matériaux finis ?**
- **Comment produire et utiliser ces fibres idéales...**
- **... Avec une bonne reproductibilité des performances**

Connaissance
de la ressource disponible

Connaissance
des marchés applicatifs

Matières premières & procédés

Fractionnement

Mise en œuvre

Fonctionnalisation

Certification & Suivi qualité

Structuration de filière

Nos projets R&D ferroviaire

- **Participation et coordination de projets en lien avec le secteur ferroviaire**
 - Objectifs de recherche & développement et structuration de filière
 - Thématique ciblée sur les matériaux composites à renfort fibres végétales
 - Pièces structurelles
 - Travaux avec des constructeurs et sous-traitant différents

Finather
Fibres Naturelles – Thermodurs

- **Objectif : développement d'un matériaux composite thermodurcissable 100 % biosourcé**

- Développement d'une résine thermodurcissable
- Développement et optimisation de pièces composites renforcées par des fibres végétales
- Secteur d'application :
 - Automobile
 - **Ferroviaire**
 - Mobilier

ALSTOM


sinfoni

- **Objectif : Concrétiser l'attractivité des fibres végétales dans le monde industriel**

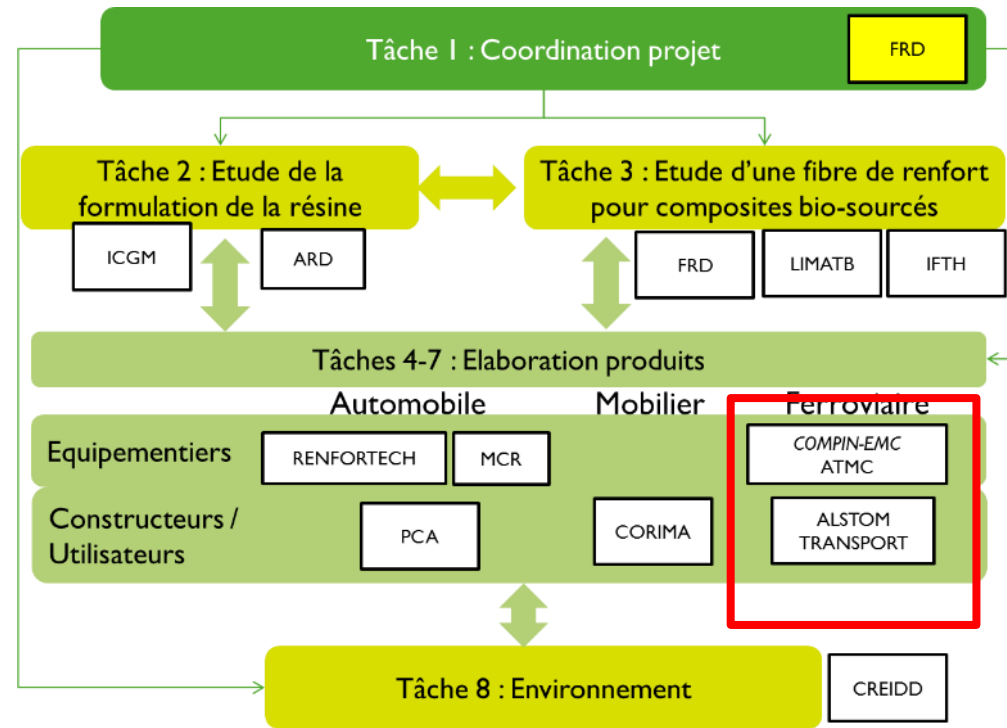
- Structuration d'une filière de l'amont à l'aval
- Fournir des matières végétales à performances optimisées pour chacun des cahiers des charges
- Développement de certifications et standards (FT)
- Secteur d'application :
 - Automobile
 - **Ferroviaire**
 - Bâtiment

BOMBARDIER

Objectif de la tâche ferroviaire

- **Mise en œuvre de matériaux composites à partir de renforts fibres végétales pour des pièces structurales à l'aide de procédés moulage au contact, projection simultanée, RTM et infusion.**
 - Etude des renforts et fibres végétales pour applications composites en vue de leur optimisation et identification des produits pouvant atteindre le cahier des charges ferroviaire.
 - Réalisation de pièces prototypes

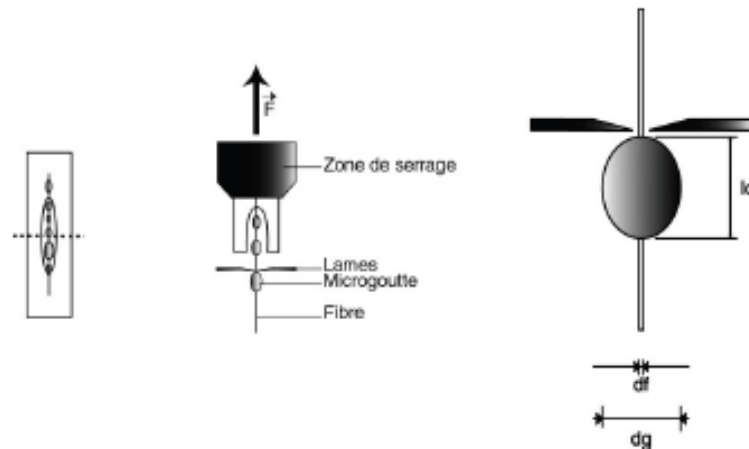
- **Compréhension et Amélioration**
 - Thèse réalisée par L. MARROT au LIMATB (IRDL) sur l'optimisation des matériaux composites biosourcés
 - Quelle est l'impact des fibres végétales sur leur adhérence à une matrice biosourcée ?



Comparaison adhérence fibre matrice biosourcée vs pétrosourcée

■ Caractérisation de l'adhérence à l'échelle micro et macro

- Comparaison de l'adhérence entre 2 résines époxy biosourcées par rapport à un grade pétrosourcé
- Analyse micro : test de la micro goutte ou IFSS
- Analyse macro : cisaillement plan à +/- 45°
- Meilleurs résultats obtenus avec un grade biosourcé
- Tendance relativement respectée entre les deux approches
- Les différences de performance ne sont clairement pas liées à l'origine matière mais à la formulation



Impact des fibres et renforts fibres végétales à l'échelle composite

- **Identification des natures de renfort les plus à même de répondre au CdC**
 - Etude sur plusieurs typologies de renfort (Non-tissé, UD, tissu, nappe...)
 - Etude impact des paramètres de production des fibres/renforts
 - Compréhension quant à l'adhérence d'une fibre végétale sur une matrice époxy

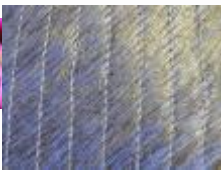
- **Résultats Finather :**
 - Définition d'un couple renfort/fibre idéale à atteindre pour envisager une utilisation dans divers domaine dont ferroviaire tout en gardant une vision cahier des charges



sinfoni

SINFONI

Structuration de la filière française
fibres techniques végétales LIN et CHANVRE à
usage matériaux



Financial backers of the SINFONI



bpi**france**

consortium
REGION
BOURGOGNE
FRANCHE
COMTE



Loire
LE DÉPARTEMENT

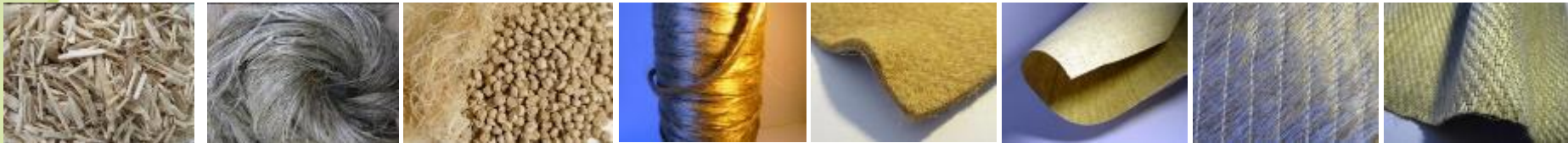


Certified by



Concrétiser l'attractivité de la filière des fibres végétales (lin et chanvre) dans le monde industriel

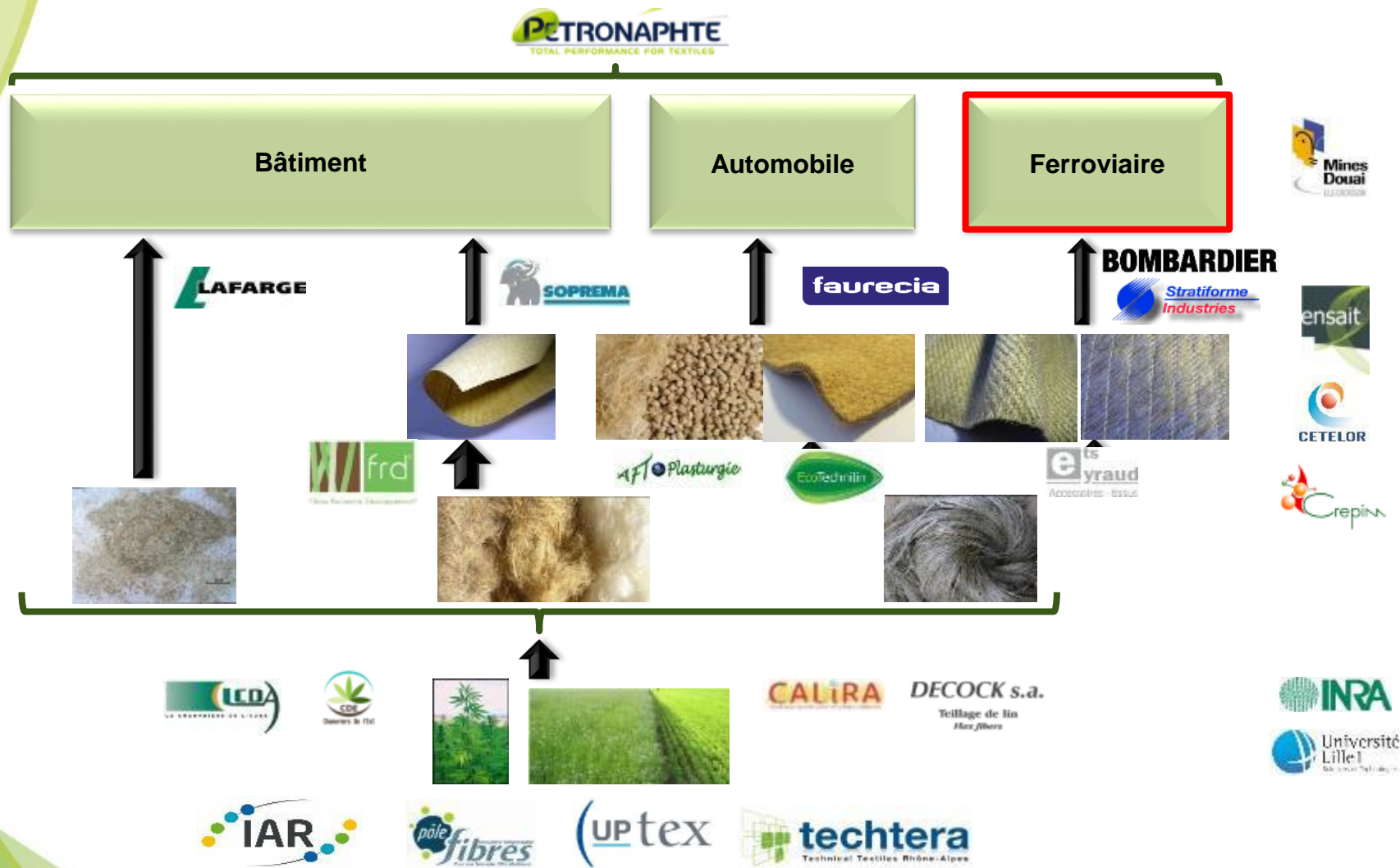
- **Garantir** aux industriels d'aval (transformateurs, intégrateurs, donneurs d'ordre) la **disponibilité en volume et en prix d'une gamme de fibres et préformes,**



- Fournir des matières végétales à **performance optimisée et différenciée par cahier des charges d'application cible,**
- **Certifier** que la **chaîne d'approvisionnement amont** respecte des **standards de qualité** technique et de gestion, avec la mise en œuvre d'une démarche de **traçabilité** et de qualité.
- Fournir des fibres et préformes végétales apportant des gains environnementaux démontrés.

Sinfoni : le consortium

20 partenaires - un processus d'innovation sur 5 ans



Axe d'étude ferroviaire de Sinfoni

- **Objectif de l'axe de travail :**
- **Développer et valider industriellement des produits ferroviaires réalisés à partir de fibres végétales**

- **Verrous identifiés :**

- **Cahiers des charge exigeants en termes de tenue mécanique, feu, vieillissement...**
- **Utilisation de renforts fibres végétales faiblement étudié dans le domaine du ferroviaire**
- **Découverte de ces matières pour le constructeur et le sous-traitant**
- **Partenaires de la tâche :**



Matériaux

BOMBARDIER
révolution de la mobilité

Stratiforme Industries

Renforts

EcoTechnilin

E_{inst}

Fibres

CALIRA
Coopération Agrobio-Industrie de la Région de Reims

DECOCK s.a.
Teillage de lin
Flax fibers

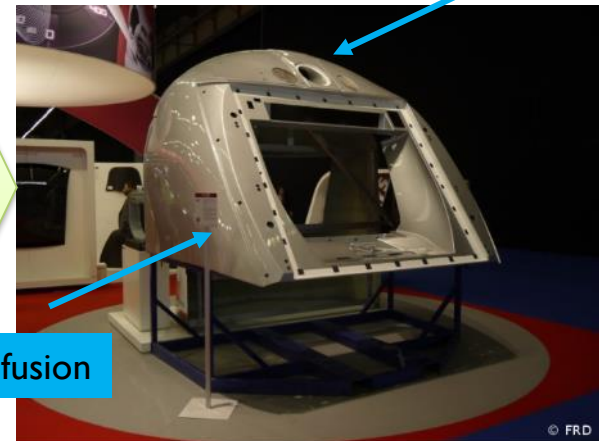
LA CHANVRIÈRE
Le champ de lin à portée

frd
Fibres Recherche Développement

- **Démonstrateur :**
- **Cabine de train Bombardier Regio 2N en matériau composite renforcé par des fibres végétales**
- **Pièce produite à l'origine avec des renforts fibres de verre par infusion et moulage au contact**



Substitution
fibres de verre



- **Etablissement d'une matériauthèque**
- **Optimisation des renforts**
- **Dimensionnement numérique des stratifications**
- **Validation opérationnelle en atelier**
- **Production de la cabine**
- **Vérification du respect des cahiers des charges**



Présentation du prototype
Jec World à Paris en mars 2017

JECworld
International Composites Event
Paris, March 14-15-16-2017



- **Matériaux**
- **Edition d'une base de données matières et propriétés liées afin de définir les renforts et stratifications à utiliser**

- **4 grands paramètres étudiés :**

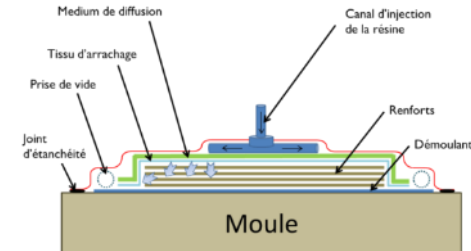
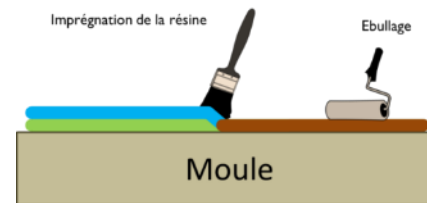
- **Type de renfort** : tissus (*UD et biaxiaux*) et non-tissés
- **Matière « entrante »** pour conception du renfort
 - *étoupe de lin, fil long brin lin, roving lin, chanvre, roving verre...*
- **Architecture et conception des renforts**
- **Procédés** (*Infusion et moulage au contact*)



- **Méthodologie :**

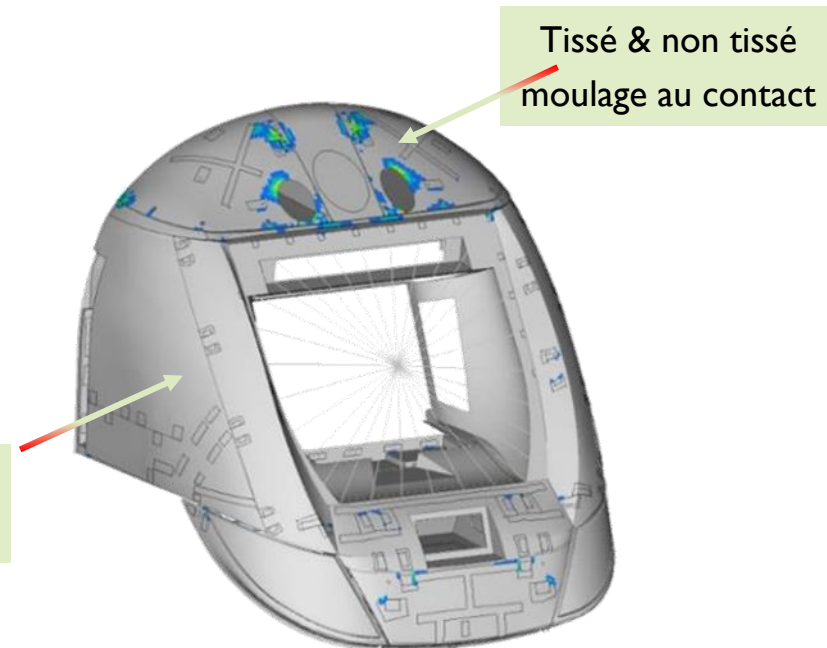
- **Mise en œuvre de plaques**
- **Caractérisations mécaniques (traction, flexion), feu et vieillissement**

- **Base de données : 55 matériaux composites**
- Données permettant au fur et à mesure du projet d'optimiser les renforts pour à la fois répondre aux **besoins mécaniques** mais également à **la faisabilité de mise en œuvre**



Dimensionnement numérique

- **Définition des différentes stratifications suite à l'étude et l'optimisation des renforts tissés et non-tissés pendant l'édition de la matériauthèque**
 - Référence de renfort
 - Nombre de plis et orientations
- **Sélections des meilleurs configurations en fonction du cahier des charges mécaniques et dimensions des pièces (épaisseurs, poids...)**
 - Validation numérique des stratifications
 - Validation des procédés
 - **infusion (tissé)**
 - **moulage contact (tissé et non tissé)**
 - Validation des résines
 - **Acrylique**
 - **Polyester**



Validation opérationnelle en atelier

- **Mise en œuvre des configurations définies numériquement**
 - Fabrication préalable de pièces tests pour chaque stratification
- **Recherche de « point de blocage »**
 - Infusion : aucun problème relevé
 - **Moulage contact : difficulté de drapage** si même méthodologie que renfort verre



Renfort Verre



Renfort Fibres végétales

Validation opérationnelle en atelier

- **Recherche et optimisation du procédé de mise en œuvre par moulage au contact**
 - Identification de nouvelles matières facilitant le moulage des zones complexes
 - Modification de la méthodologie de positionnement des renforts



Renfort Verre

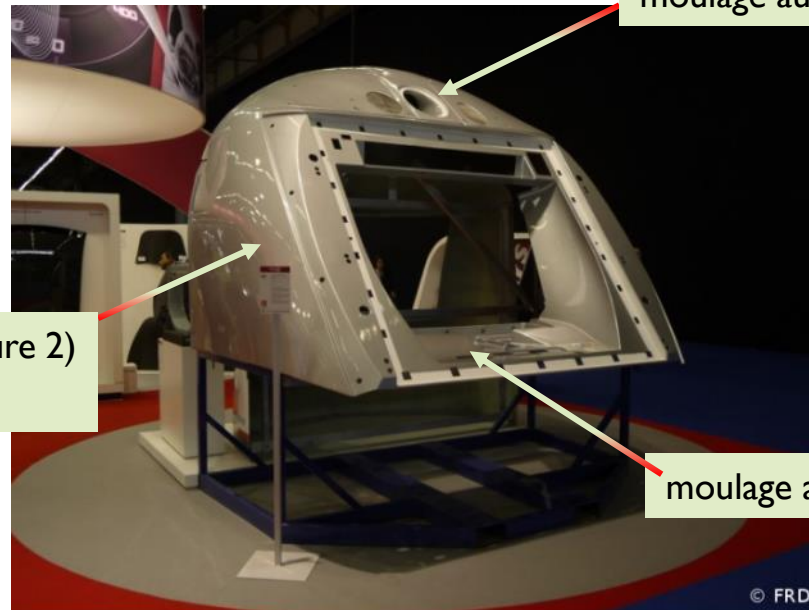


Renfort Fibres végétales

- Validation opérationnelle pour infusion et contact
- **Toutes les étapes de validations ont été faites : la production de la cabine peut débuter**

Production de la cabine

- **Production dans les mêmes conditions industrielles (atelier ferroviaire) que pour la cabine en verre**
 - Outillage
 - (Temps & Opérateurs)
 - Respect HSQE
 - Procédés de mise en œuvre
 - Résine



Tissé & non tissé
moulage au contact

Tissé biaxial (contexture 2)
Infusion

moulage au contact

© FRD

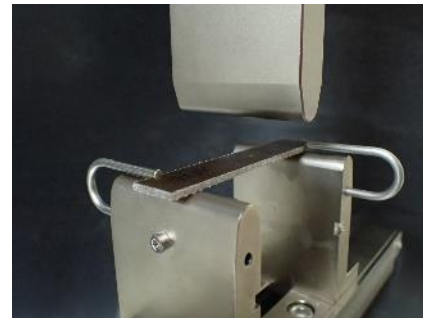
Gain de poids

- ~ 20 % par rapport à la pièce d'origine en verre

Propriétés mécaniques

- Un des critères déterminant dans cahier des charges ferroviaire : la flexion
- Respect de la norme NF F 01-281 (2014)
 - Propriétés en flexion mesurées sur pièces infusées : OK
 - Propriétés en flexion mesurées sur pièces moulées au contact : N OK
 - optimisation nécessaire : des renfort et/ou de la stratification
 - toutefois il est connu que la mise en œuvre par contact est toujours de moins bonne qualité par rapport à l'infusion qui permet d'atteindre un plus haut taux de fibres

NF F 01-281 (2014)
Moyenne > 110 MPa
Min > 80 MPa



- **Le processus de développement s'est déroulé selon la méthodologie usuelle du secteur ferroviaire**

- **Les résultats de cet axe de travail**
 - Ont permis de comprendre et optimiser les renforts fibres végétales pour ce type d'application
 - Démontrent que l'utilisation de fibres végétales (lin, chanvre) apporte des propriétés différenciantes : gain de poids de plus de 20 %
 - Démontrent la faisabilité opérationnelle en atelier ferroviaire du changement de type de renfort
 - Prouvent que des renforts fibres naturelles (biaxiaux – infusion) « passent » le cahier des charges comportement mécanique (flexion) et feu
 - Encouragent à poursuivre le développement de cet axe de travail / l'utilisation des fibres végétales dans le secteur ferroviaire :
 - Qualification plus avancée des matières
 - Autres pièces (moins structurelles ?)

Volet Ferroviaire : Conclusions et perspectives

■ FINATHER & SINFONI :

- Témoignage quant à la viabilité des fibres végétales dans le secteur ferroviaire
- Possibilité de répondre au Cahier des charges avec un respect sur les propriétés mécaniques et la tenue feu avec des matériaux composites
- Conditions de production conservées



■ Réglementation :

- L'évolution de la réglementation ferroviaire (2014) a permis aux composites biosourcés de passer les spécifications mécaniques ferroviaires

■ Perspective – Poursuite des travaux

- Développer l'utilisation des fibres végétales dans le ferroviaire en sensibilisant les **industriels sur leurs propriétés différenciantes**

Merci de votre attention ...

Lénaïg VÉNUAT

Chargé de projet

Mel : lenaig.venueat@f-r-d.fr

Pierre BONO

Directeur Général

Mel : pierre.bono@f-r-d.fr

Arnaud Day

Directeur Scientifique

Mel : arnaud.day@f-r-d.fr



Fibres Recherche Développement®

Technopole de l'Aube en Champagne

Hôtel de Bureaux 2

2 rue G Eiffel – CS90601

F-10 901 TROYES cedex 9

Tel: +33 3 25 83 41 90

Fax: +33 3 25 83 46 14



*Le Catalogue Fibres et Renforts végétaux solutions
composites est téléchargeable sur :*

www.f-r-d.fr

www.agrobiobase.com

