



Innover
en mécanique

Les structures métalliques avancées et les technologies composites

Dominique GHIGLIONE

Responsable R&D

Matériaux et Procédés

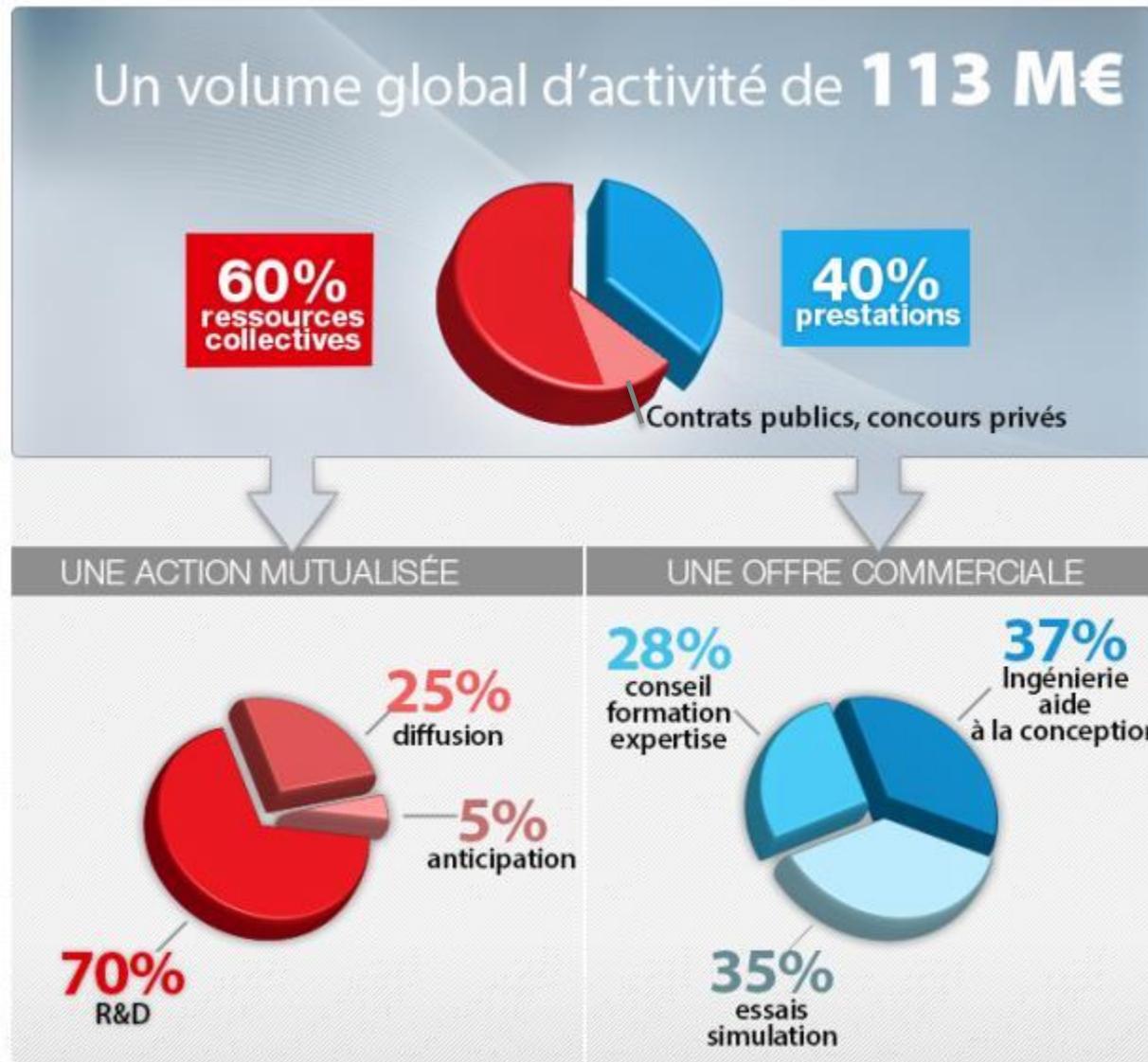
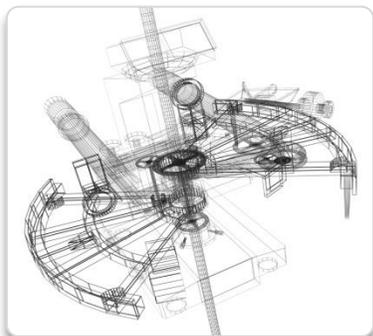
Centre Technique des Industries Mécaniques

Cetim - Institut technologique de mécanique

Piloté par les industriels mécaniciens sous la tutelle de l'État



Régi par les articles
L521.1 à L521.13
du code de la recherche



Un acteur régional, national, international

Le Centre d'expertise mécanicien français
au plus près de ses 6 500 entreprises cotisantes

Fondation cetim
sous l'égide de la Fondation de France



3 sites principaux : Senlis, Nantes, Saint-Étienne



18 délégations régionales



4 centres associés et partenaires



1 centre de ressources mécatronique



2 filiales internationales



1 filiale dédiée aux essais sur composites



Senlis



Nantes



Saint-Étienne



Cetim : 700 collaborateurs
Mecatim : 1 000 collaborateurs



Alliance Industrie du Futur – Place du Cetim

Etat

Comité de pilotage trimestriel
présidé par le Ministre

Alliance Industrie du Futur

association loi 1901 ouverte à de nouveaux membres



Régions



CNI & OS



présidée par
Philippe Darmayan
Président du Groupement des
Filières Industrielles (GFI)

co-présidée par
Frédéric Sanchez
Président de Fives
Bernard Charlès
DG de Dassault Systèmes



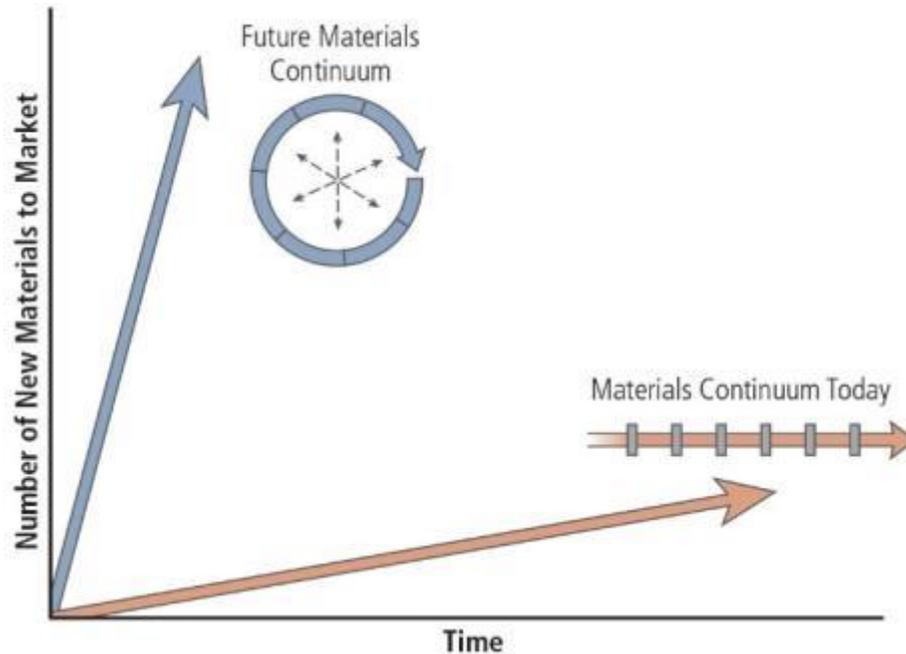
Recherche et éducation

Matériaux pour l'usine du futur

Sommaire

- Un challenge énorme à réussir : on n'apporte pas assez vite de nouveaux matériaux au marché
- Une conséquence directe : l'importance de l'assemblage multimatériaux
- Des technologies de rupture : fabrication additive, mise en forme des composites thermoplastiques
- Un éclairage : les **Technologies prioritaires 2020 en Mécanique**

On n'apporte pas assez vite de nouveaux matériaux au marché



Aller beaucoup plus vite pour apporter de nouveaux matériaux au marché (Source : Office of Science and Technology Policy)

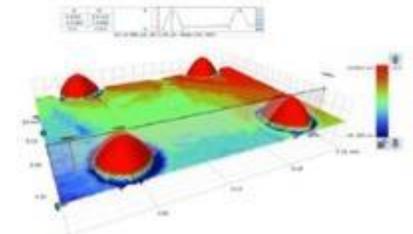
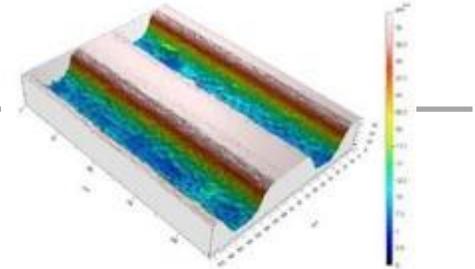
En orangé : ce qu'on fait aujourd'hui

En bleu : la vitesse qui est nécessaire

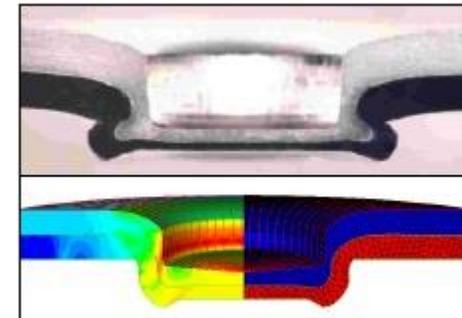
Il est désormais nécessaire d'aller beaucoup plus vite

- Disposer de plus de données, sur des grandeurs peu documentées jusqu'alors
- L'objectif est d'intégrer pleinement les nouveaux matériaux dans la fabrication des produits pour accélérer les avantages économiques, environnementaux et sociétaux
- Etats-Unis : US Materials Genome Initiative (MGI) (génom est compris dans un sens étendu de « génome » des matériaux) ; base de données e-collaborative MATiN

Des efforts en France



Produire la topographie de surface voulue (Source : LTDS, Ecole Centrale de Lyon)



Modélisation de l'assemblage tôle métallique – tôle composite (Source : Cetim)

Base de données MESRUG de tribologie

- Une dizaine de laboratoires fédérés par UTC et Fondation Cetim
- Base de données sur 250 paramètres en cours de constitution
- Fonctions : moulage, usinage, adhésion, grippage, ...
- Importance de la connaissance multi-échelle (micro/nano)

Chaînage numérique, production numérique

- Même avec des machines de production robotisées, il faut disposer de données de mise en œuvre des matériaux
- Important effort de modélisation et simulation de la mise en œuvre des nouveaux matériaux
 - bien avancé : forge, fabrication additive, travail des métaux en feuilles
 - à améliorer : usinage
 - à ses débuts : assemblage multimatériaux

Technologies prioritaires 2020 en Mécanique (sous l'égide de la FIM)

Aciers à très hautes performances et super-alliages
amélioration et *downsizing* des machines et équipements

Alliages légers et de titane / Composites thermoplastiques
allègement ; parties mobiles des machines

Elastomères fonctionnels / Surfaces fonctionnelles :
interfaces sans entretien ou à entretien réduit, durée de vie élevée, hydrophobes, anti-traces, anti-bactériennes, auto-réparantes,

Technologies de réduction du frottement : économie d'énergie, durabilité améliorée

Adaptronique - Smart Materials : matériaux pour capteurs et actionneurs de machines

Formage et usinage à lubrification raisonnée : outils revêtus, micro-lubrification, lubrifiants biodégradables, travail à sec, usage de feuilards revêtus

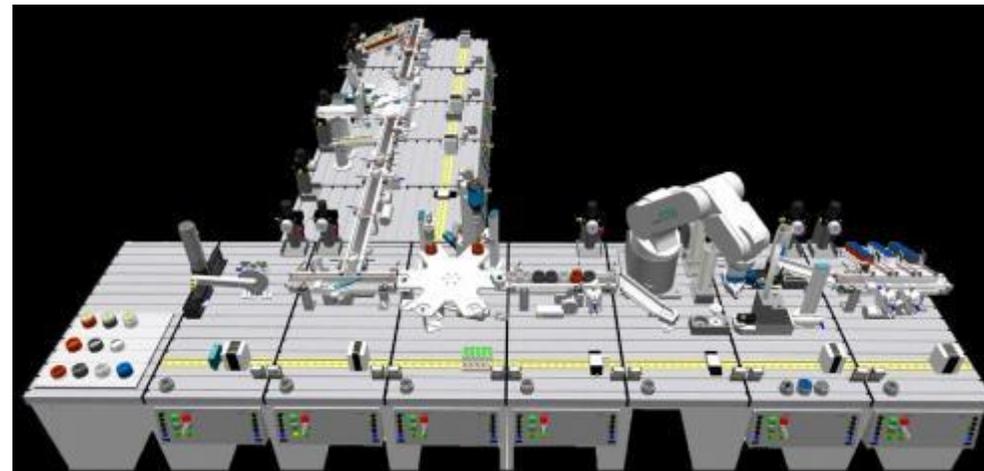
Procédés propres de préparation et traitement de surfaces
nettoyage, dégraissage, peinture base eau, revêtement en circuit fermé



Zones d'améliorations explorées en Allemagne dans Industrie 4.0



Outillages mobiles
de l'Usine du Futur
Source: [Die Welt](#)



[Fraunhofer IOSB](#) (Optronique, technologie des systèmes et imagerie)

Toutes les transmissions, commandes, manipulations utilisent des matériaux améliorés. Source: [Fraunhofer IWU](#)

Des matériaux d'assistance pour l'usine du futur

**Bras à resenti : matériau + système mécatronique,
pour les actions humaines assistées**



*Ressenti rendu par des actionneurs
pneumatiques qui exercent une pression sur
les doigts de l'opérateur (Festo)*



**Préhension par Bionic Handling Assistant, inspiré de la
trompe d'éléphant (Festo)**

**Bras serpent où s'attachent des outils (OC Robotics,
Airbus UK et KUKA)**

**Préhenseur adaptatif par poche remplie de matériau
granulaire (université de Chicago)**

**Gant à assistance de puissance motorisée SEM Glove
(Robotdalen, SE)**



Fabrication additive : LA technologie de rupture

Cette technologie regroupe une grande variété de procédés qui permettent de fabriquer des pièces fonctionnelles directement à partir d'un modèle CAO, par addition de matière (polymère, métal ou céramique) à partir de poudres, fils ou plaques. Cette fabrication est faite sans outillage préalable, sous l'effet d'un rayonnement UV, d'un laser ou d'un faisceau d'électrons.



Injecteurs de carburants en superalliages à base de nickel. 12 pièces → 1 pièce (Source: Turboméca)



Equerre de fixation en titane testée sur des Airbus A350

Airbus prévoit de fabriquer 30 tonnes de pièces par impression 3D en 2018

GE Aviation prévoit de fabriquer plus de 100 000 pièces de moteurs d'avion par FA pour le LEAP et le GE9X d'ici 2020

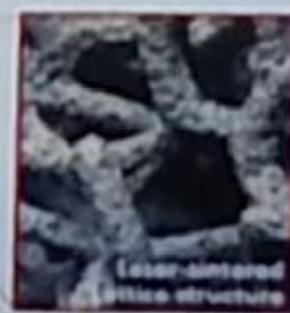
Fabrication additive - Une grande quantité de matériaux différents



Pièces 100% céramiques élaborées par la société Lithoz



*Conditionnement d'air du lanceur Atlas V en Fabrication Additive thermoplastique (ULA) : 140 pièces assemblées → 16 pièces
Coûts de production diminués de 57 %*



Attelle biorésorbable pour bébé; coupelle de hanche à structure lattice; implant sur-mesure pour reconstruction pelvienne

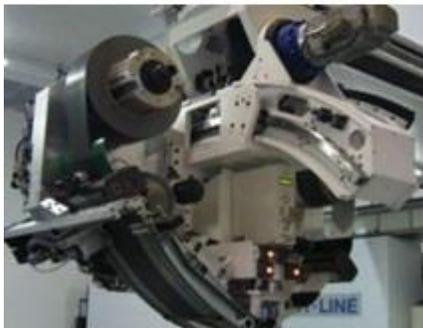
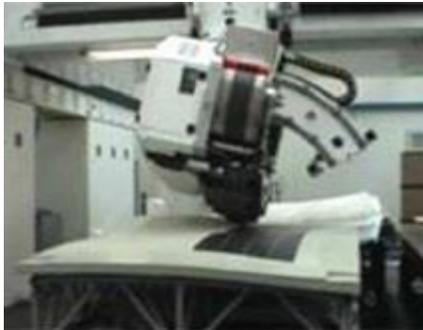
Fabrication additive - Des points importants

Importance de la maîtrise de la filière d'approvisionnement

- Poudres, fils

Fabrication additive de composites

- Placement de fibre
- Fabrication additive polymère et métal
- Combinaison avec l'usinage soustractif



Composites : placement de fibres et nappage (Forest Liné)



Multi Robot Additive Cluster (MRAC) de Lockheed Martin avec fabrication additive (droite) et soustractive (gauche) simultanées par deux robots (Source : salon DMC 2014)

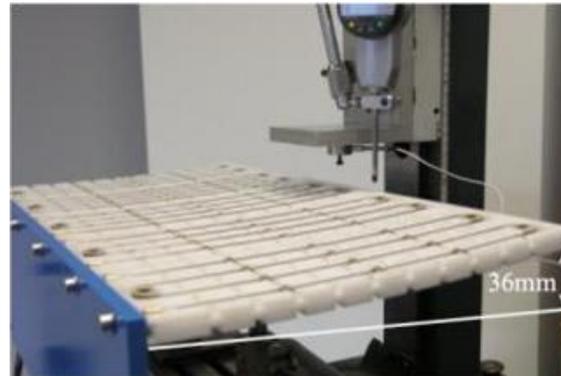
L'usine du futur va produire des pièces en nouveaux matériaux

Produits en matériaux sous des formes nouvelles

- Matériaux en faible épaisseur
- Matériaux hétérogènes
- Couches minces, empilements de couches minces
- Matériau à mémoire de forme
- Matériau biomimétique



Produire un ressort inspiré du concombre (Harvard University) : raideur variable en fonction de la vitesse d'application de la charge



Produire une voilure déformable d'aile d'avion intégrant des fils d'alliage à mémoire de forme



Produire une fermeture de coffre arrière en alliage à mémoire de forme pour supprimer le moteur électrique (Chevrolet Corvette)

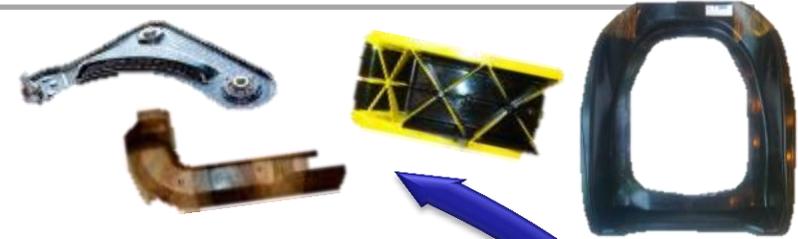
Technologies composites

Comment passer d'une production semi-artisanale à une production « de série » ?

- Utilisation de composites à base de résine thermoplastique
- Mise en œuvre de moyens de mise en forme à forte productivité
 - Quilted Stratum Process (QSP)
 - Enroulement filamentaire robotisé

La ligne pilote QSP®

Cycle time 40s to 90s



PULTRUSION :

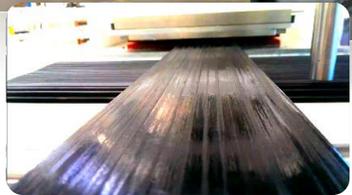
Thermoplastic : PA, PPS, PEEK...
Fiber : Carbon, glass, UD, textile...
Thickness from 0,4 to 5 mm
Width up to 250 mm
Production speed : 1 to 5 m/min



CUTTING:

2D straight or curve cutting
Thickness from 0,15 to 5 mm
Sheet maxi 1300*950mm
Rolls up to 350mm width
Cutting speed up to 500mm/sec

Patented



THERMOFORMING & OVERMOULDING :

Press 500T, Roctool ready
Injection capacity = 350 cm³
Multimaterial assembly « one shoot »



FAST HEATING & TRANSFERT :

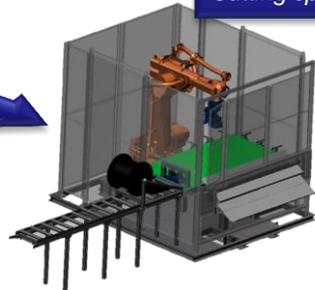
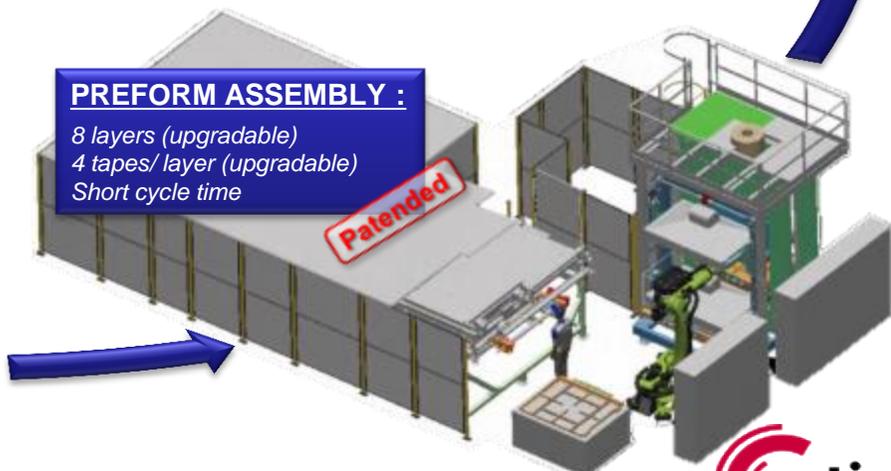
Patented

High speed IR & Conduction ovens
Multi-layer/material/thickness preforms
Netshape transfert

PREFORM ASSEMBLY :

8 layers (upgradable)
4 tapes/ layer (upgradable)
Short cycle time

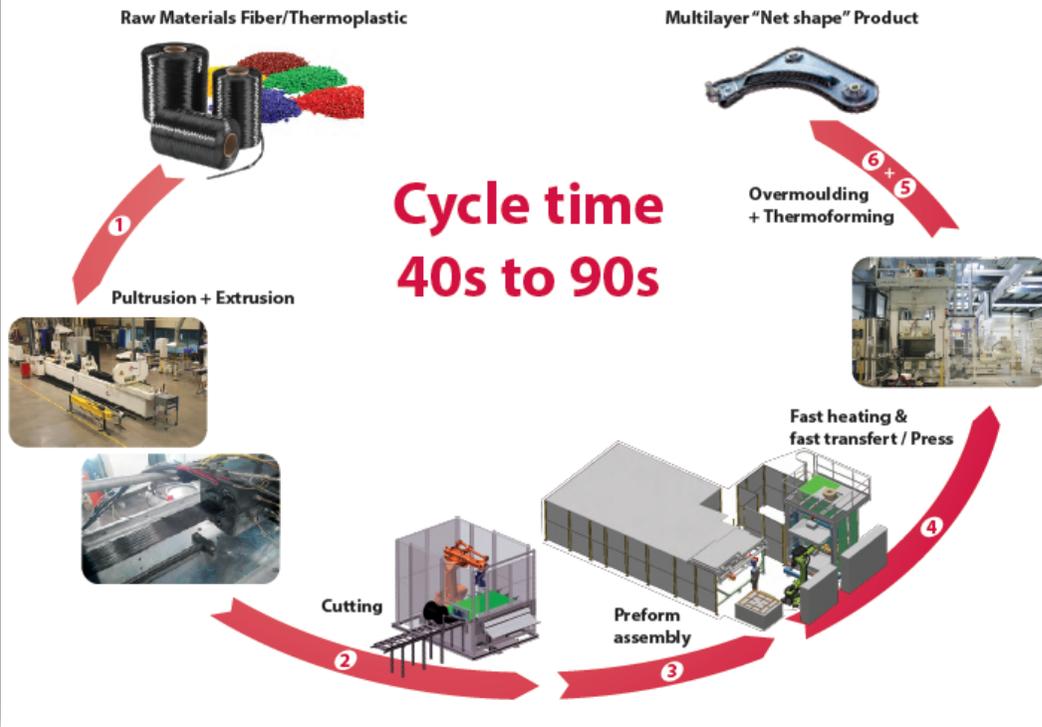
Patented



Les avantages du procédé QSP®

The “Quilted Stratum Process”

Multi thickness layer preform assembly

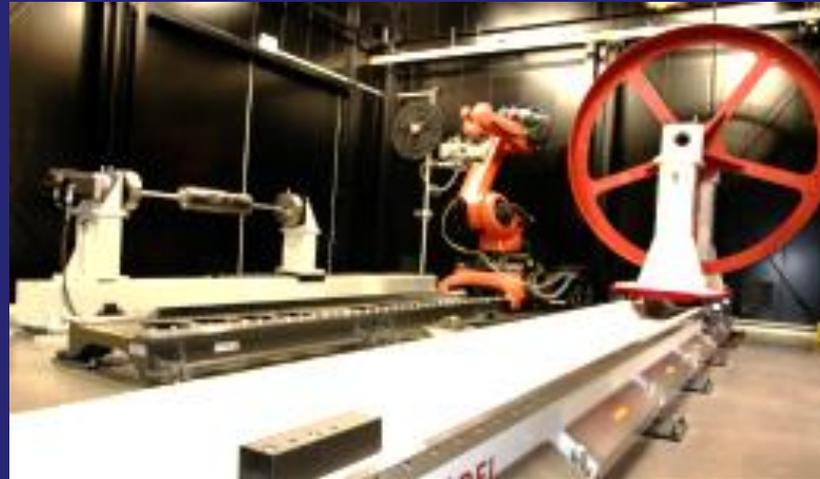


QSP permet :

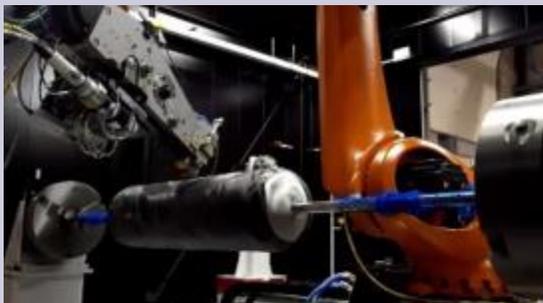
- ❖ *Des pièces multi-matériaux*
- ❖ *Une conception netshape*
- ❖ *Des assemblages intégrés*
- ❖ *Un temps de cycle très court*
- ❖ *De gros volumes produits*
- ❖ *Robustesse & reproductibilité*
- ❖ *Des coûts compétitifs*

Enroulement filamentaire – Spide TP

Laser-safe production cell



2 - Medium winding axis

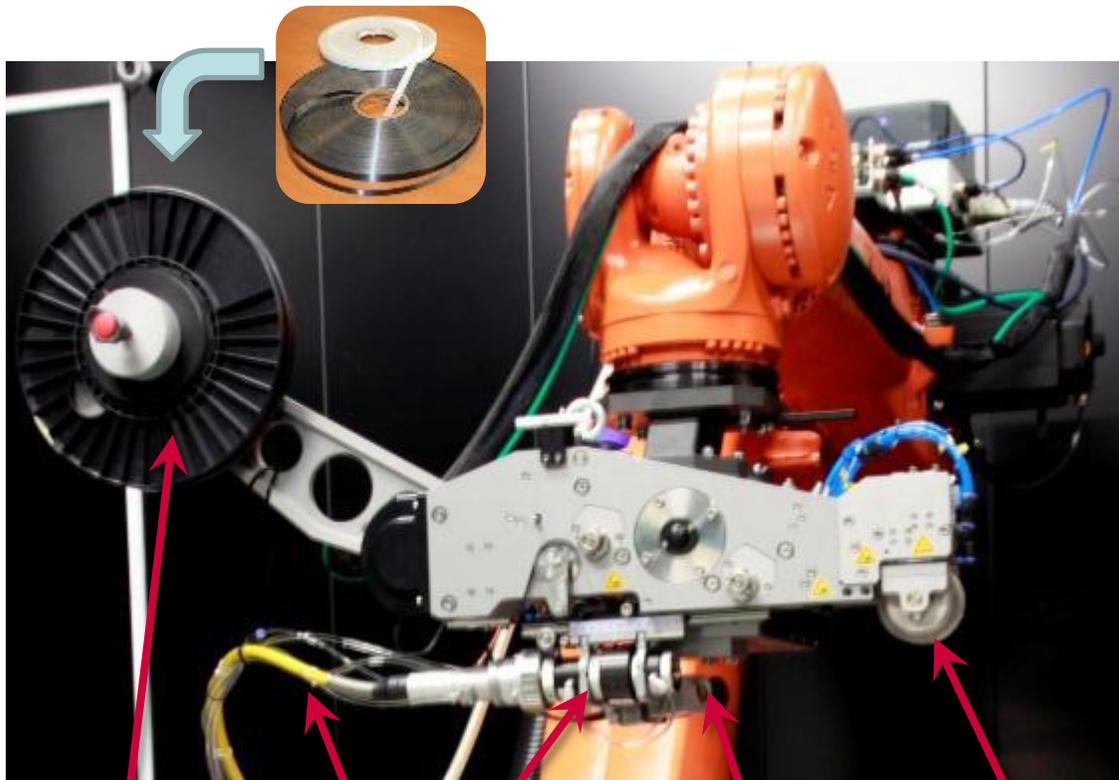


1 - Large winding axis



Effecteur d'enroulement assisté laser

Winding head

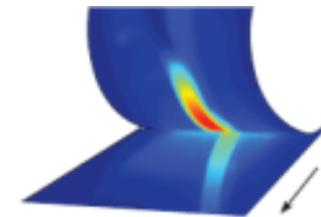
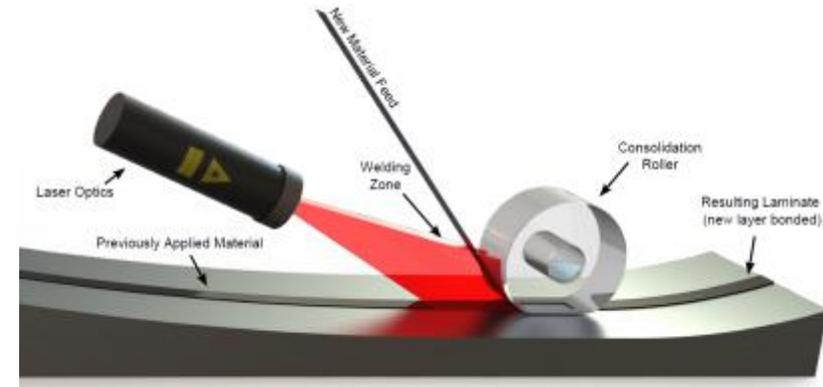


Material storage

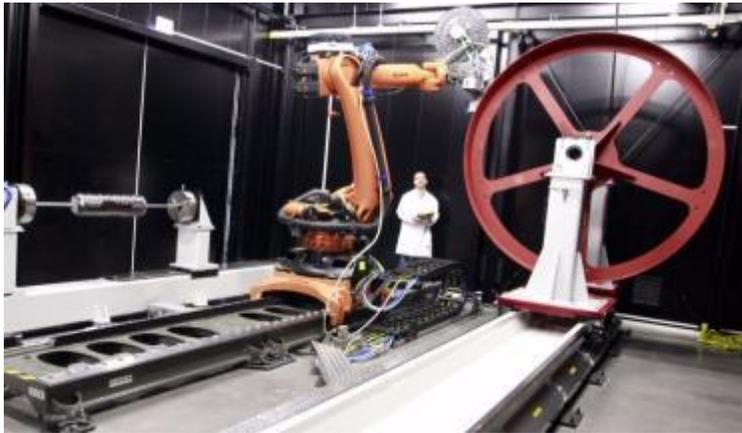
Laser fiber and optics

Thermal camera

Compaction roller



Applications



Length part up to 5m

Ø 2.5m

Various shapes and sizes (e.g. plates)

Ø 0.5m



Merci de votre attention

Des questions ?



Innover

en mécanique