



**Innover**  
en mécanique

# Les structures métalliques avancées et les technologies composites

**Dominique GHIGLIONE**

Responsable R&D

Matériaux et Procédés

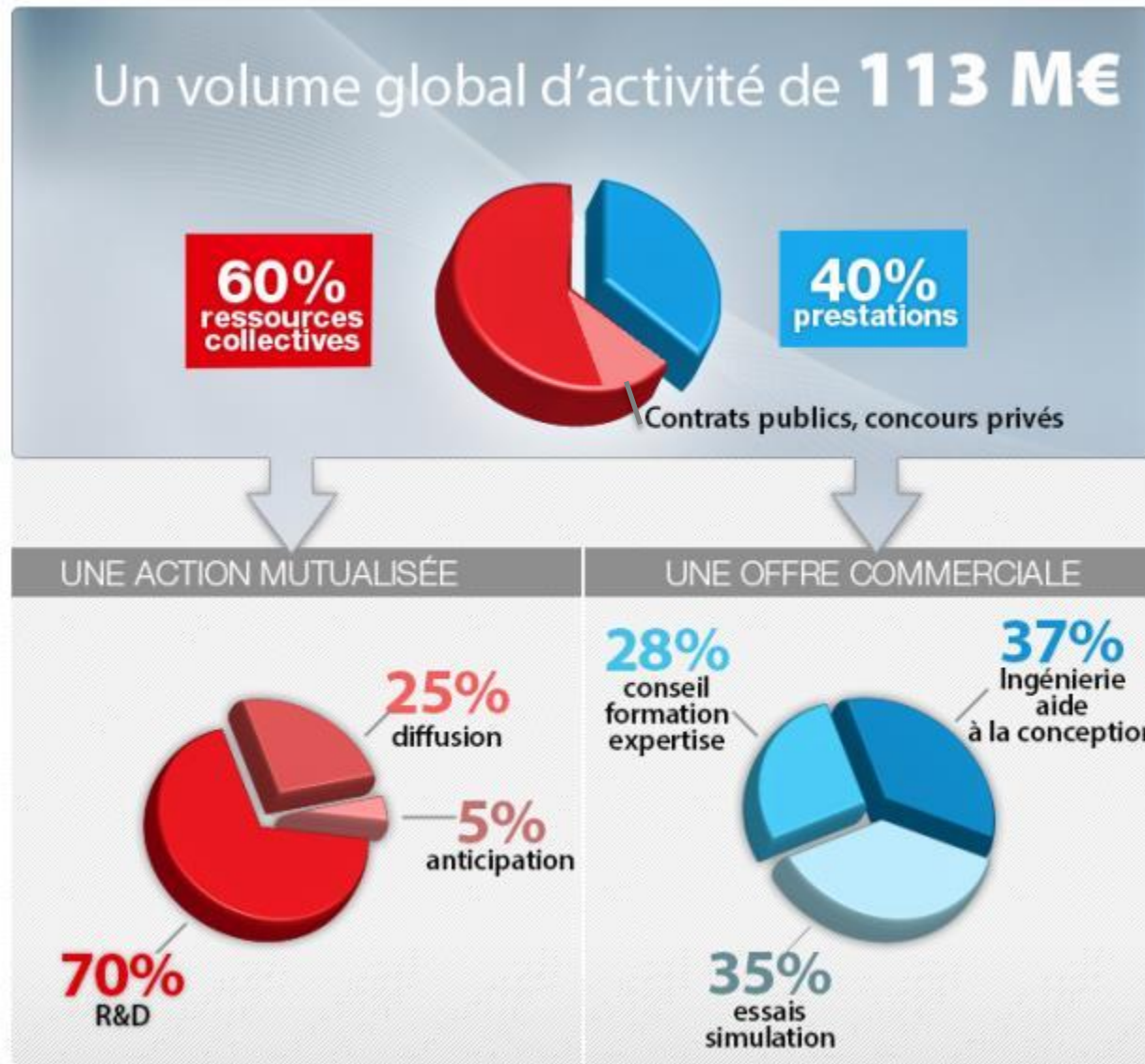
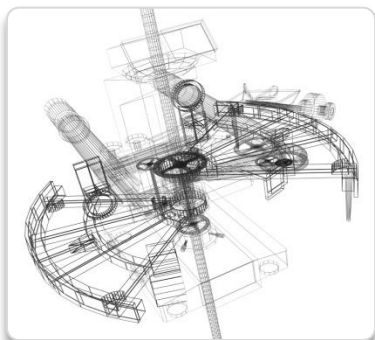
**Centre Technique des Industries Mécaniques**

# 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

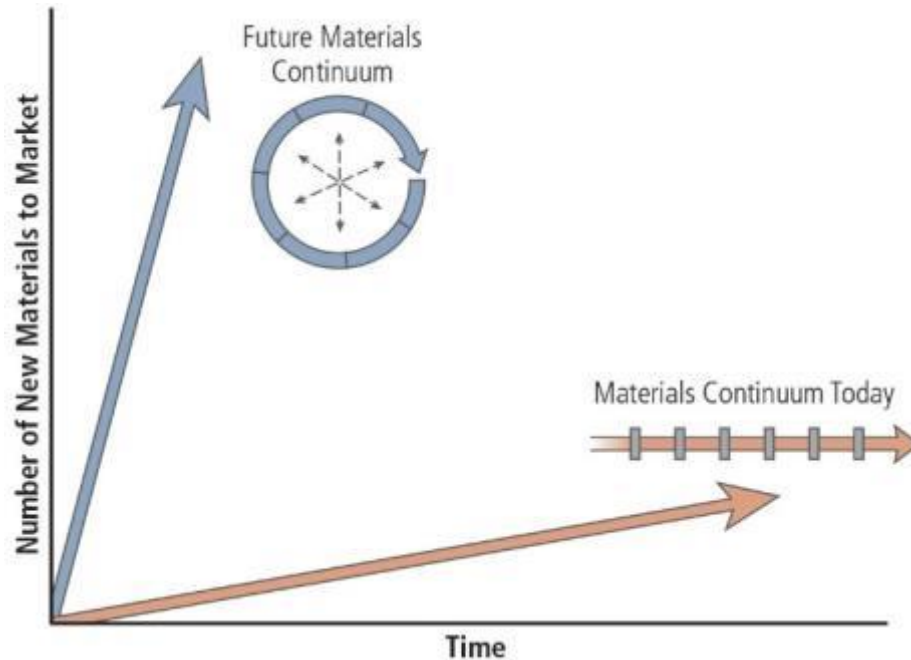
# Matériaux pour l'usine du futur

---

## 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

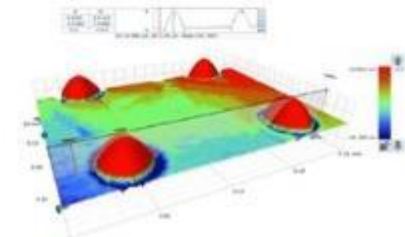
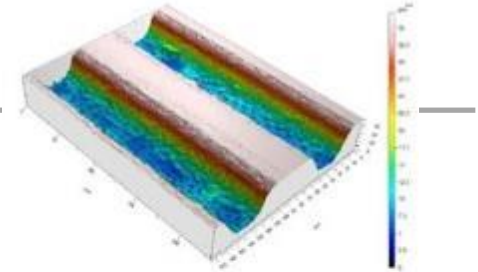
- Disposer de plus de données, sur des grandeurs peu documentées jusqu'alors
- L'objectif est d'intégrer pleinement les nouveaux matériaux dans la fabrication des produits pour accélérer les avantages économiques, environnementaux et sociétaux
- Etats-Unis : US Materials Genome Initiative (MGI) (génom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

## Base de données MESRUG de tribologie

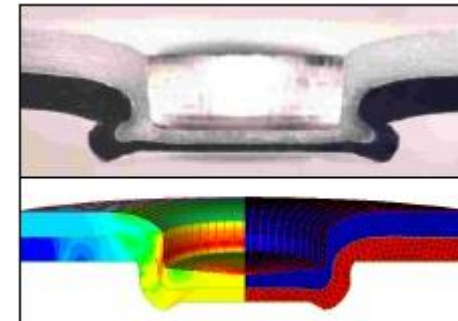
- Une dizaine de laboratoires fédérés par UTC et Fondation Cetim
- Base de données sur 250 paramètres en cours de constitution
- Fonctions : moulage, usinage, adhésion, grippage, ...
- Importance de la connaissance multi-échelle (micro/nano)

## 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



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



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



# 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

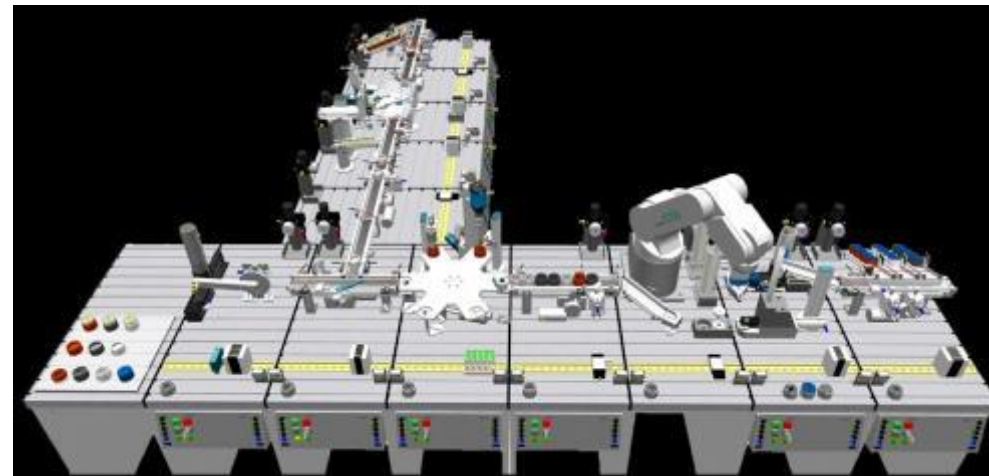
**Procédés propres de préparation et traitement de surfaces**  
nettoyage, dégraissage, peinture base eau, revêtement en circuit fermé



# 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 ressenti : 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)*

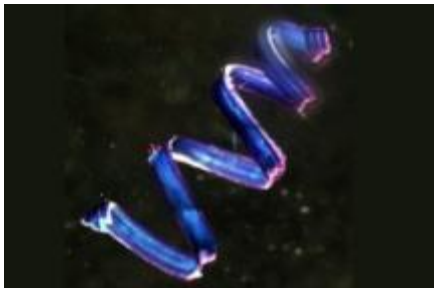


Multi Robot Additive Cluster (MRAC) de Lockheed Martin avec fabrication additive (droite) et soustractive (gauche) simultanées par deux robots (Source : salon DMC 2014)

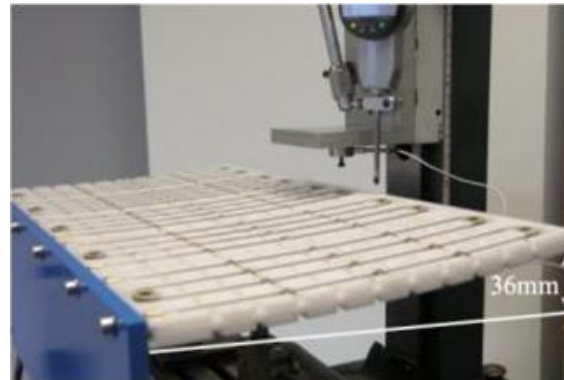
# L'usine du futur va produire des pièces en nouveaux matériaux

## 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

---

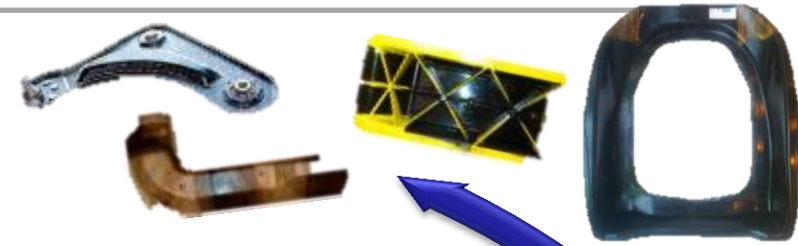
## Comment passer d'une production semi-artisanale à une production « de série » ?

- 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

### THERMOFORMING & OVERMOULDING :

Press 500T, Roctool ready  
Injection capacity = 350 cm<sup>3</sup>  
Multimaterial assembly « one shoot »

### FAST HEATING & TRANSFERT :

**Patented**

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

### CUTTING:

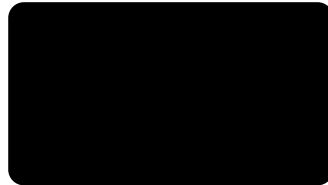
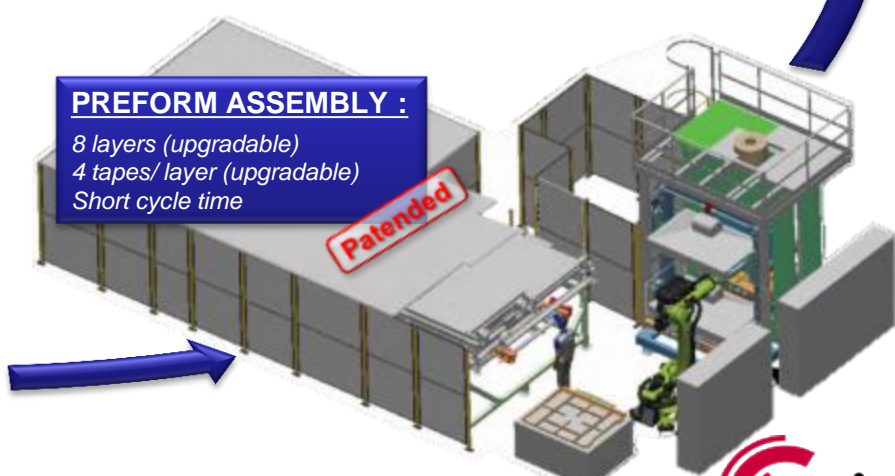
**Patented**

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

### PREFORM ASSEMBLY :

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

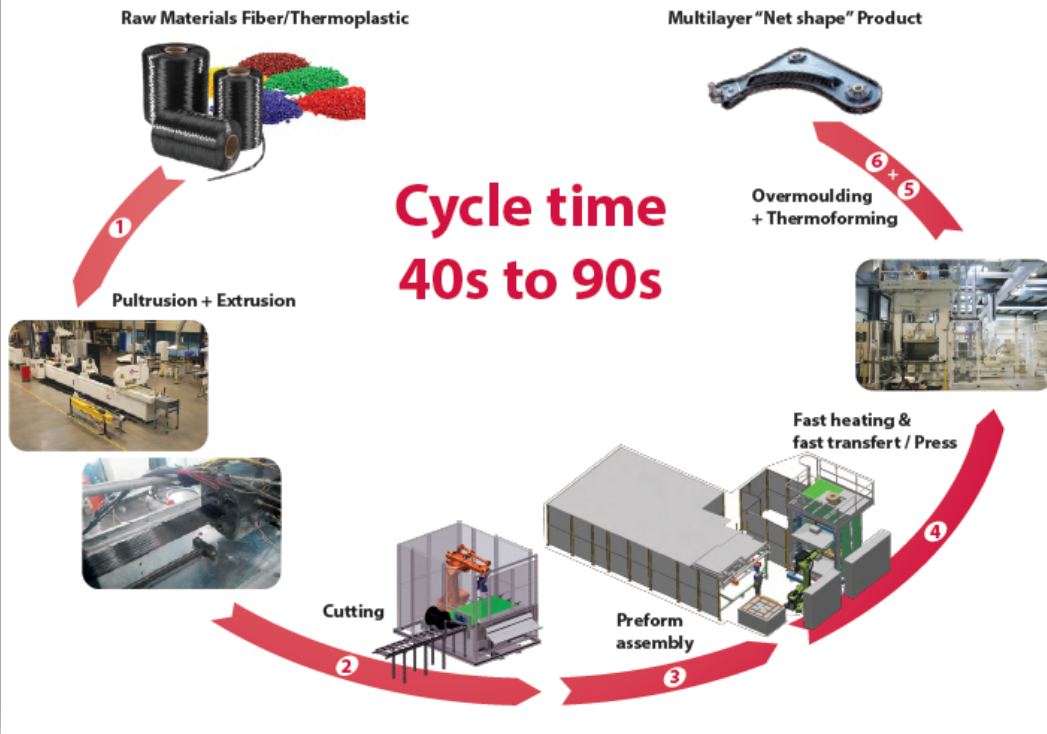
**Patented**



# Les avantages du procédé QSP®

## The “Quilted Stratum Process”

Multi thickness layer preform assembly

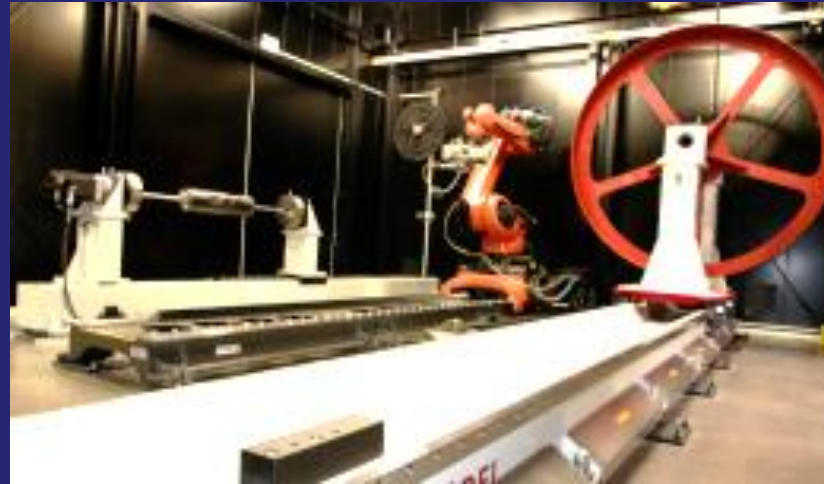


*QSP permet :*

- ❖ *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



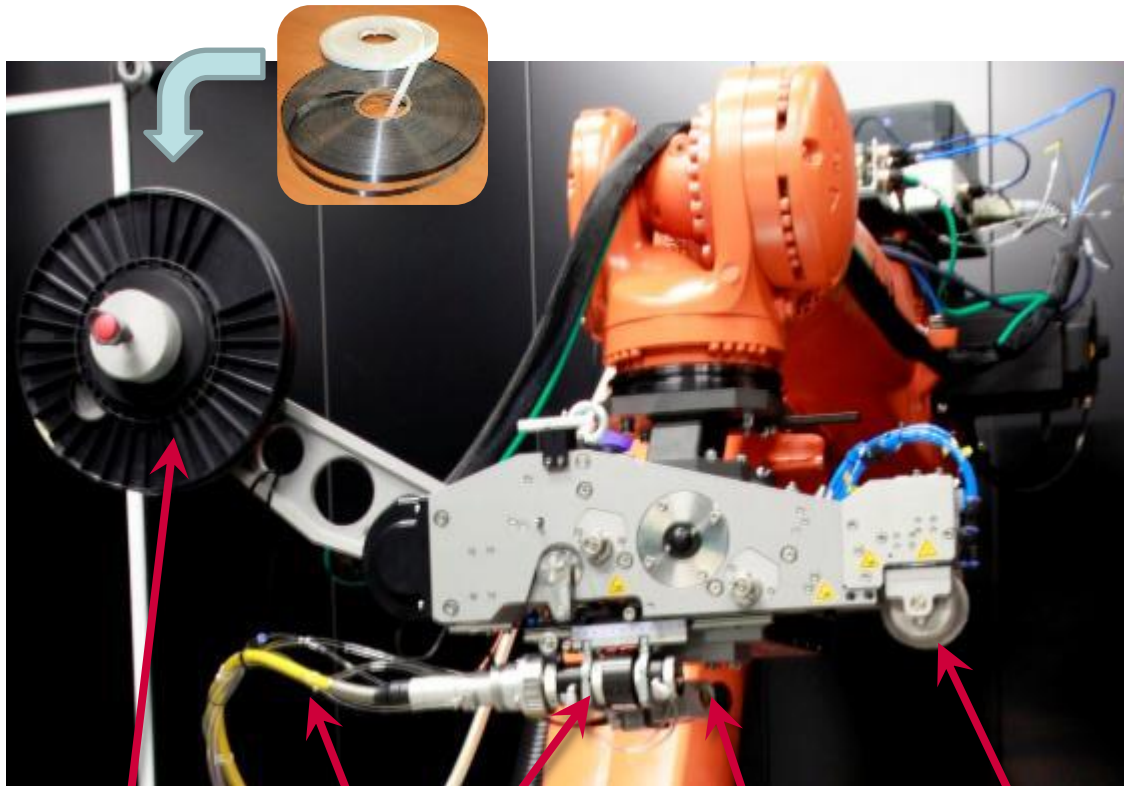
### 1 - Large winding axis





# Effecteur d'enroulement assisté laser

## Winding head

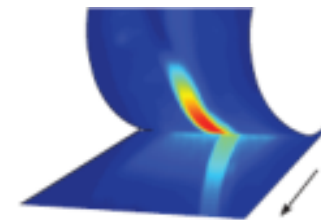
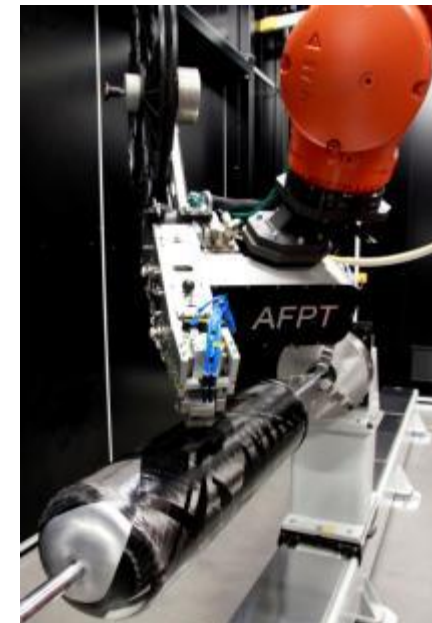
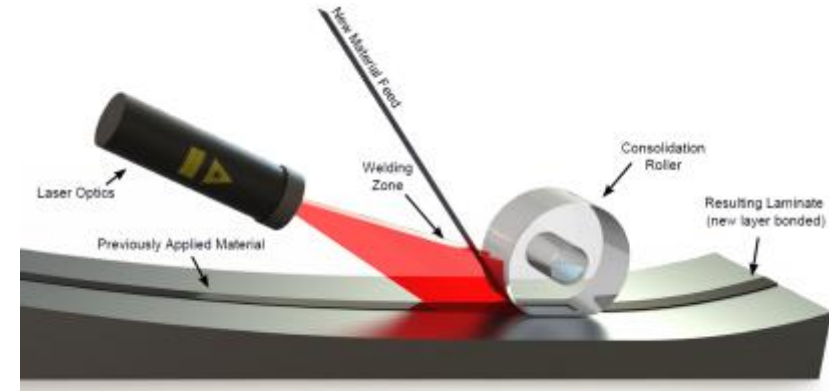


Material storage

Laser fiber and optics

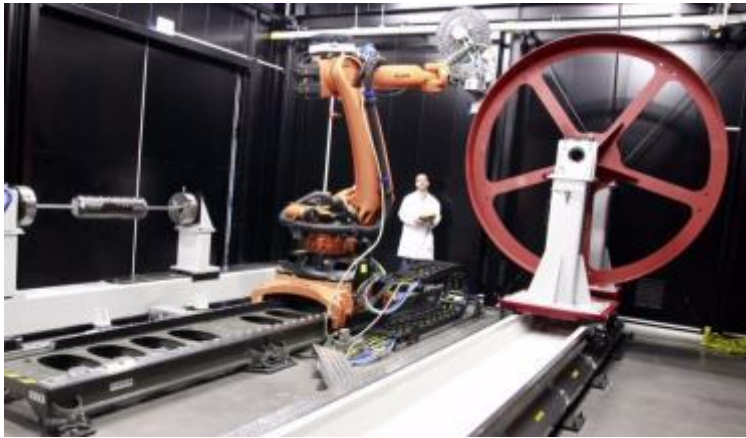
Thermal camera

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