

Procédé de placements de fibres et polymérisation photochimique

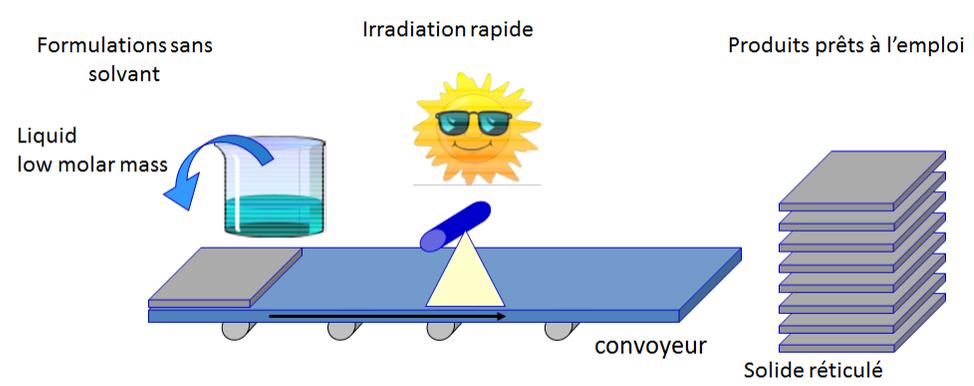
G. L'Hostis,^a X. Allonas^b

a) Laboratoire de Physique et Mécanique Textile
gildas.lhostis@uha.fr

a) Laboratoire de Photochimie et d'Ingénierie Macromoléculaires
xavier.allonas@uha.fr

Université de Haute-Alsace
3 rue Alfred Werner - 68093 MULHOUSE

Le procédé de photopolymérisation : des couches minces seulement?



Formulations sans solvant

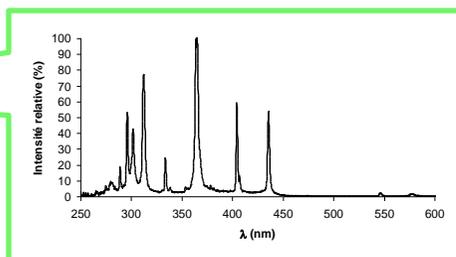
Liquid low molar mass

Irradiation rapide

Produits prêts à l'emploi

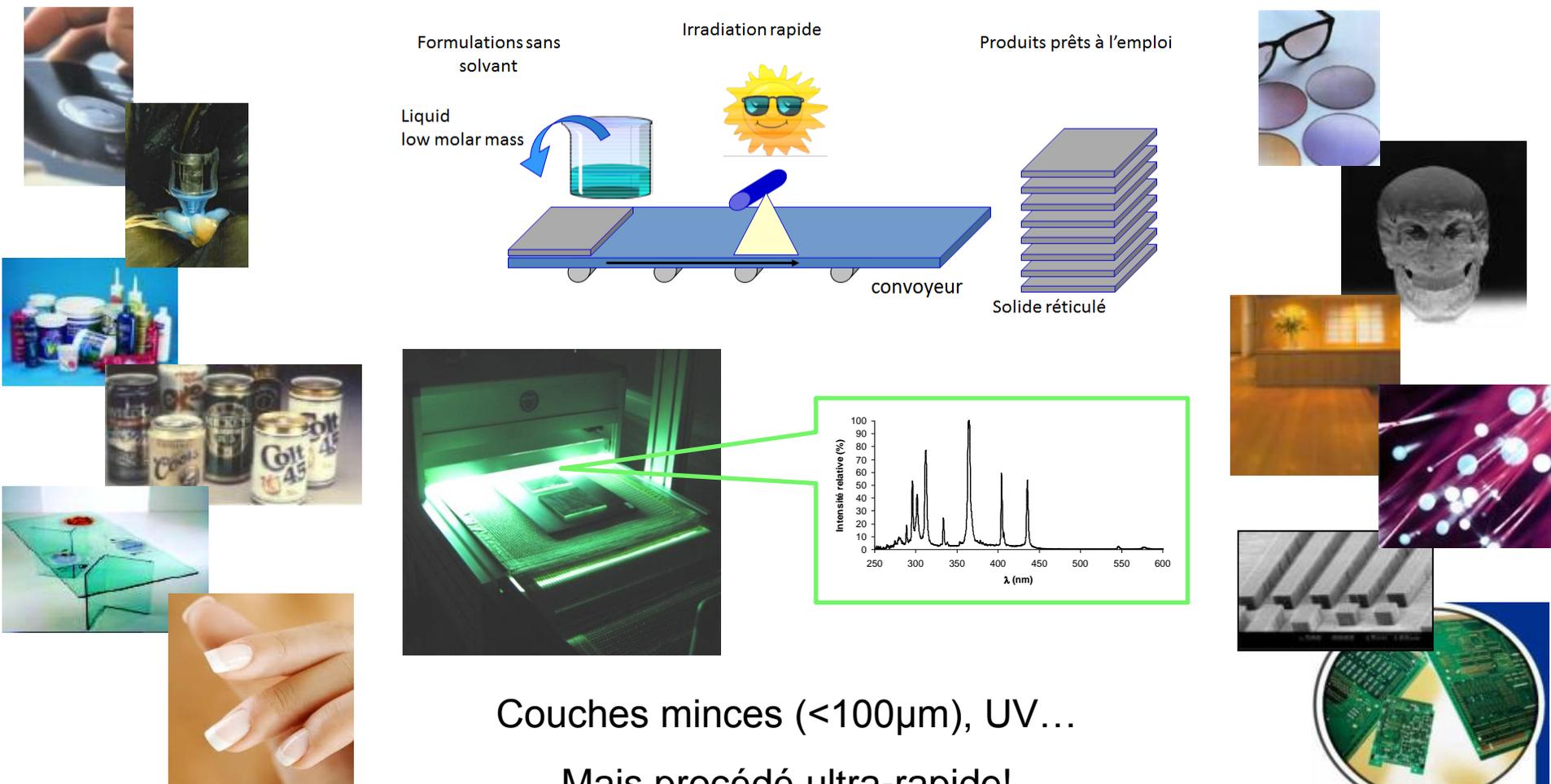
convoyeur

Solide réticulé



Intensité relative (%)

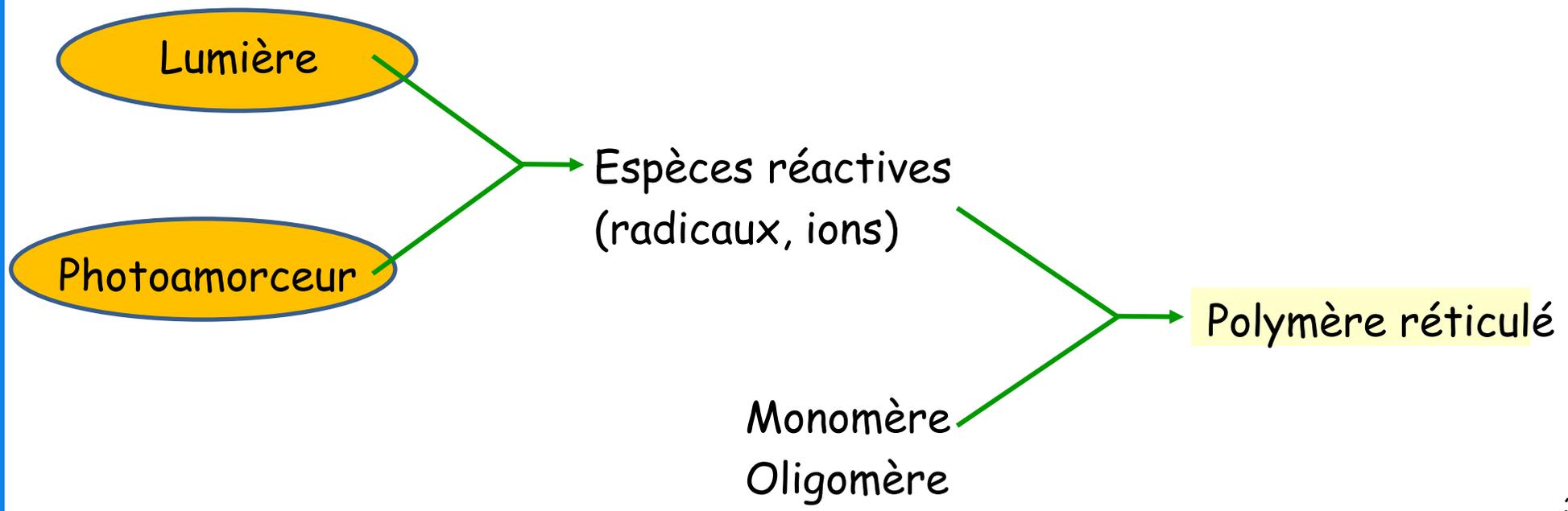
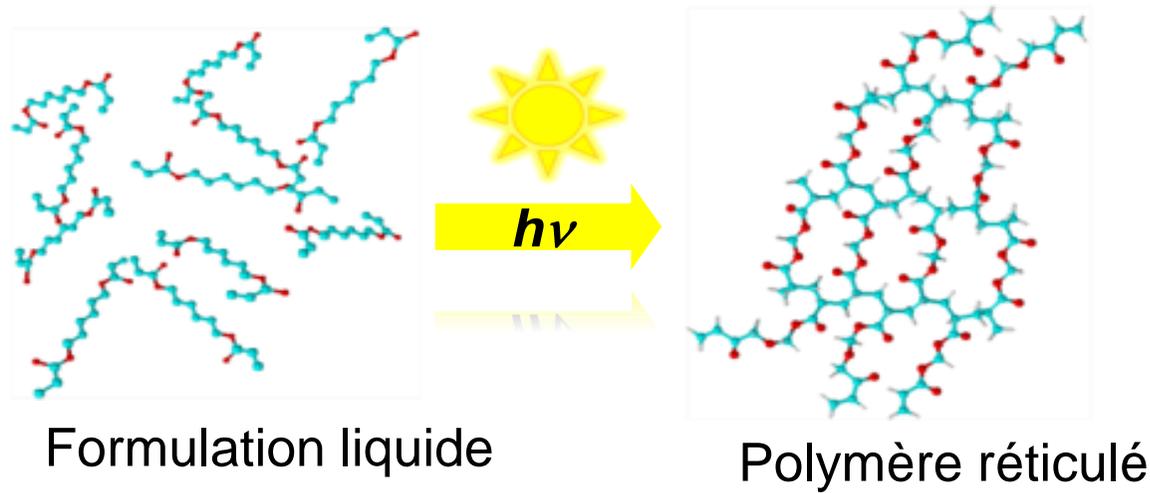
λ (nm)



Couches minces (<100 μ m), UV...

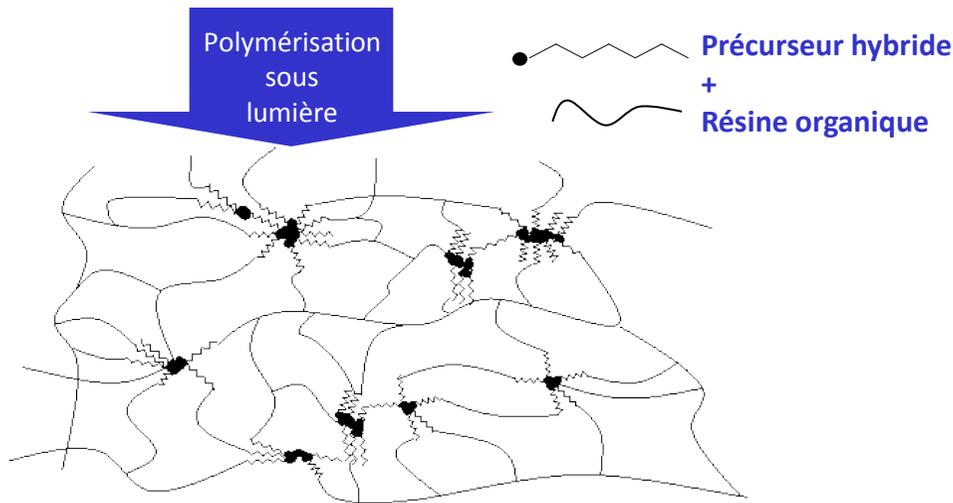
Mais procédé ultra-rapide!

La photopolymérisation pour des composites?



Quelques exemples de réalisation :

Revêtement organique/inorganique anti-corrosion



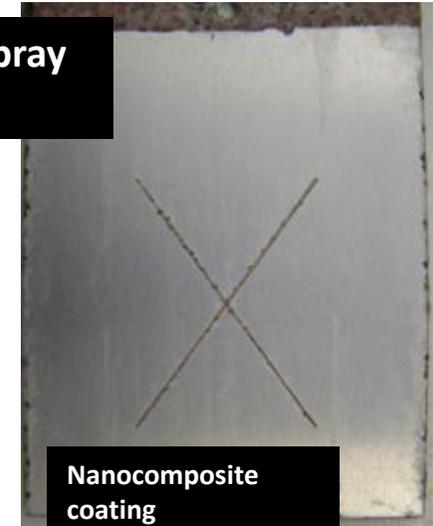
SOCOMORE

AIRBUS

EADS



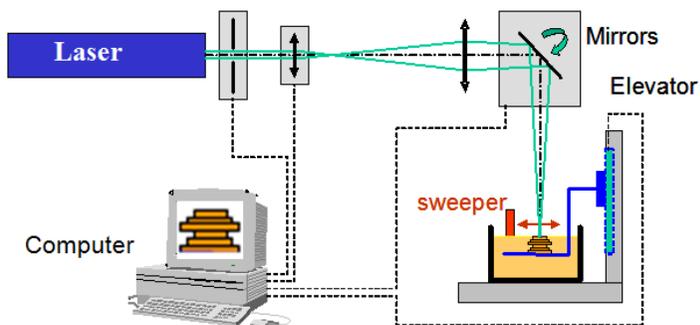
3000 h salt spray
test



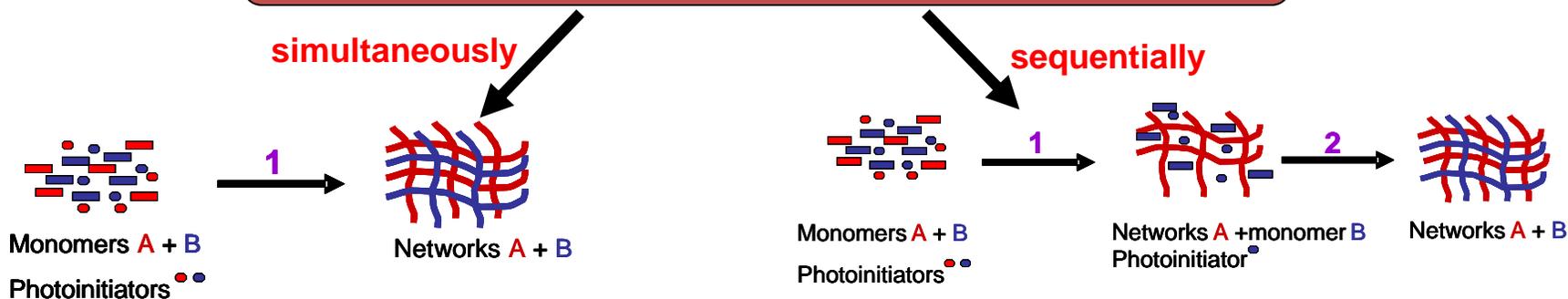
Advantages

- Easy modulation of the material properties
- High inorganic contents
- Covalent bonds between organic and inorganic networks

Quelques exemples de réalisation :

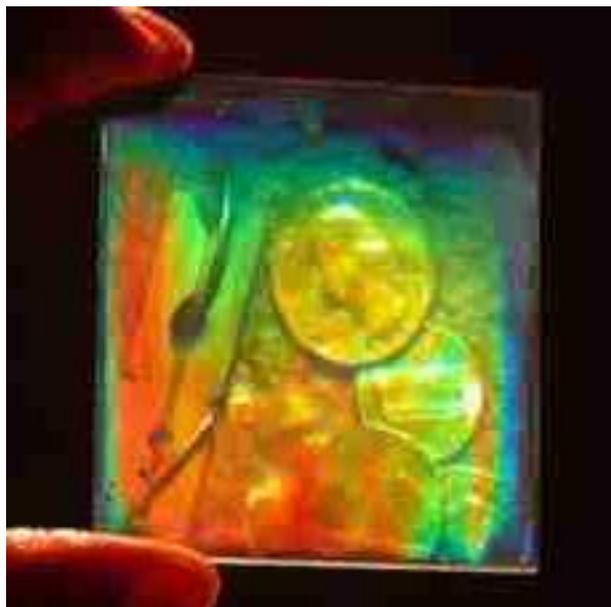
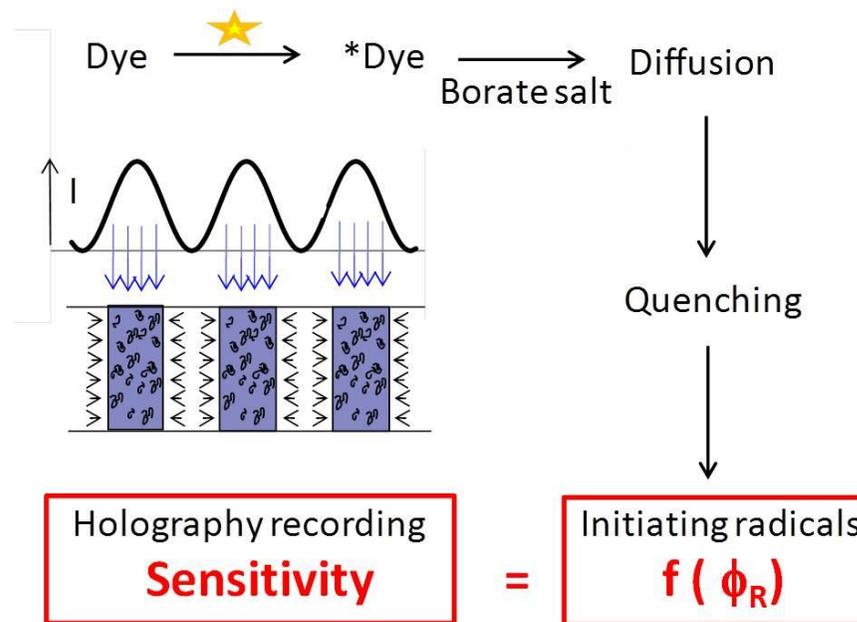


UV curable hybrid mixture:
Radical and cationic multifunctional monomers and photoinitiators

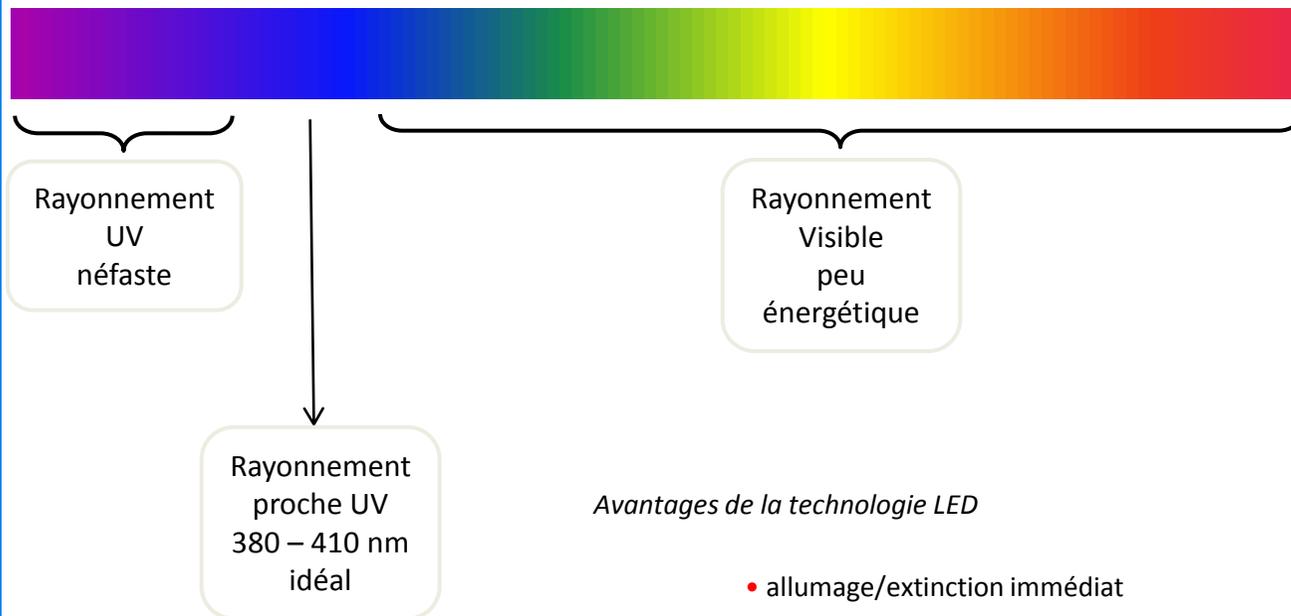


Quelques exemples de réalisation :

L'enregistrement holographique enfin amené à un niveau industriel

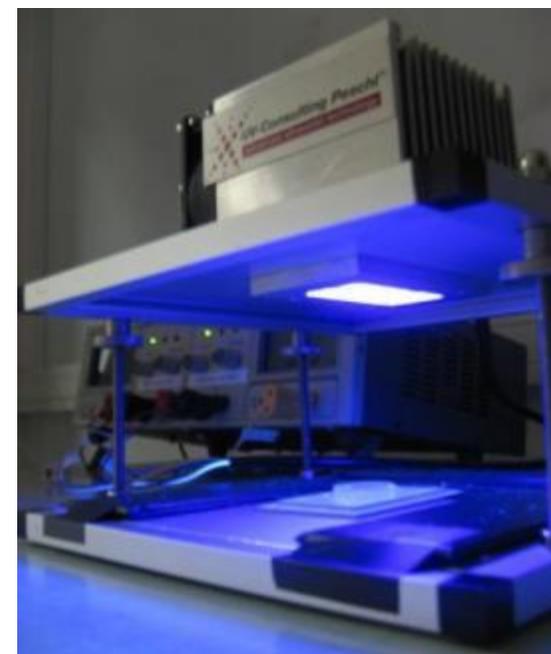


La tendance de développement : les sources LED



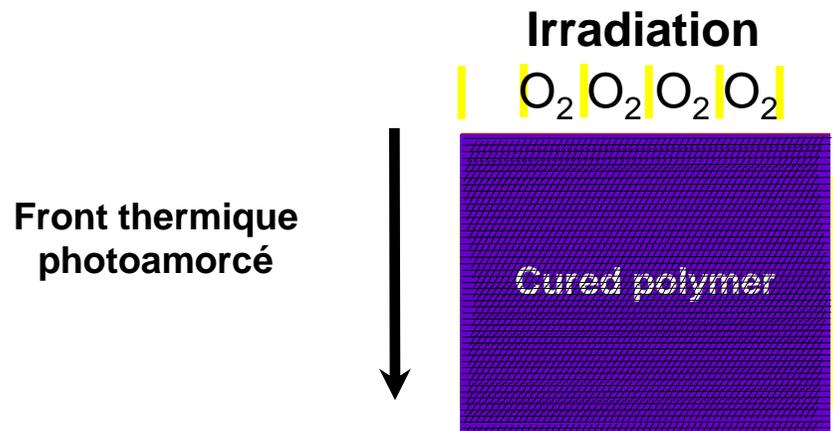
Avantages de la technologie LED

- allumage/extinction immédiat
- faible consommation énergétique
- pas d'émission de chaleur
- pas de formation d'ozone
- longue durée de vie (> 20.000 h)
- géométrie complexes possibles

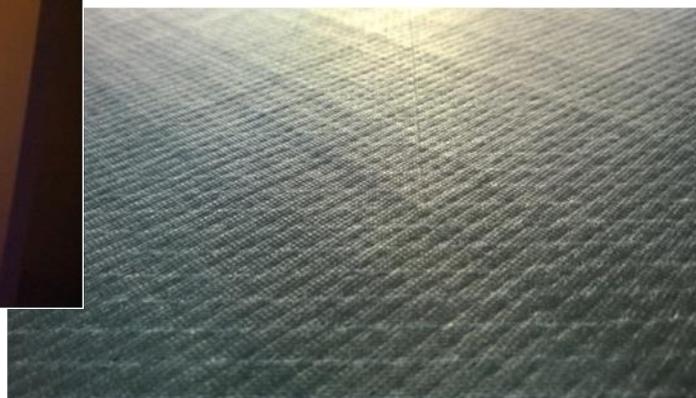


Les photocomposites : un couplage nouvelle chimie / nouveaux procédés

Brevet PhotoBcure



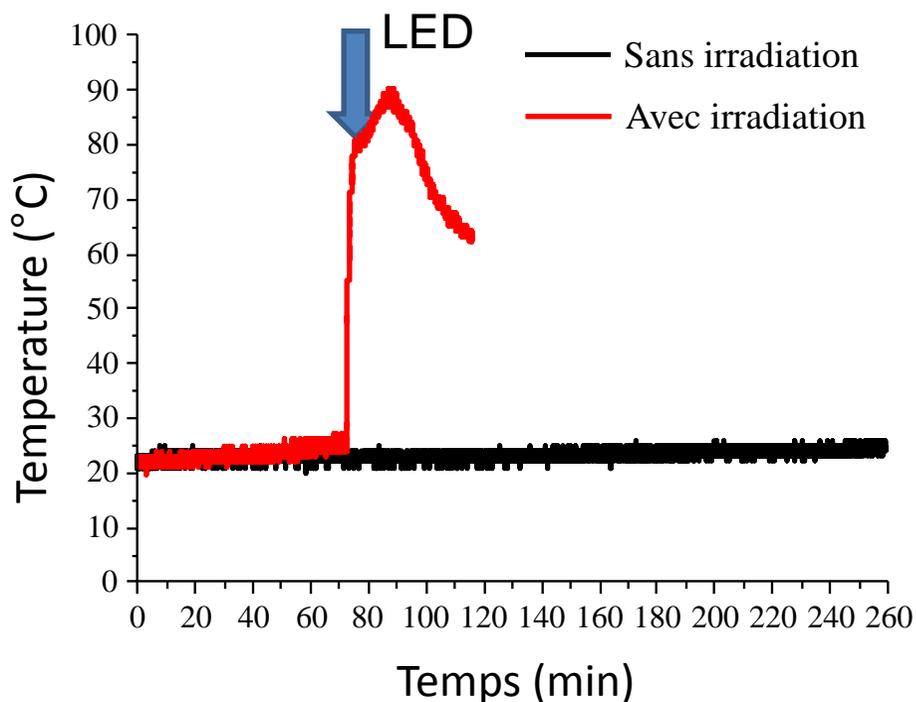
Des composites fibres de carbone de plusieurs mm en quelques minutes



Exemple : Infusion UV

Le but est de créer des pièces en infusion, en utilisant une résine de forte latence mais restant intrinsèquement réactive.

Après infusion, la prise est déclenchée par irradiation LED

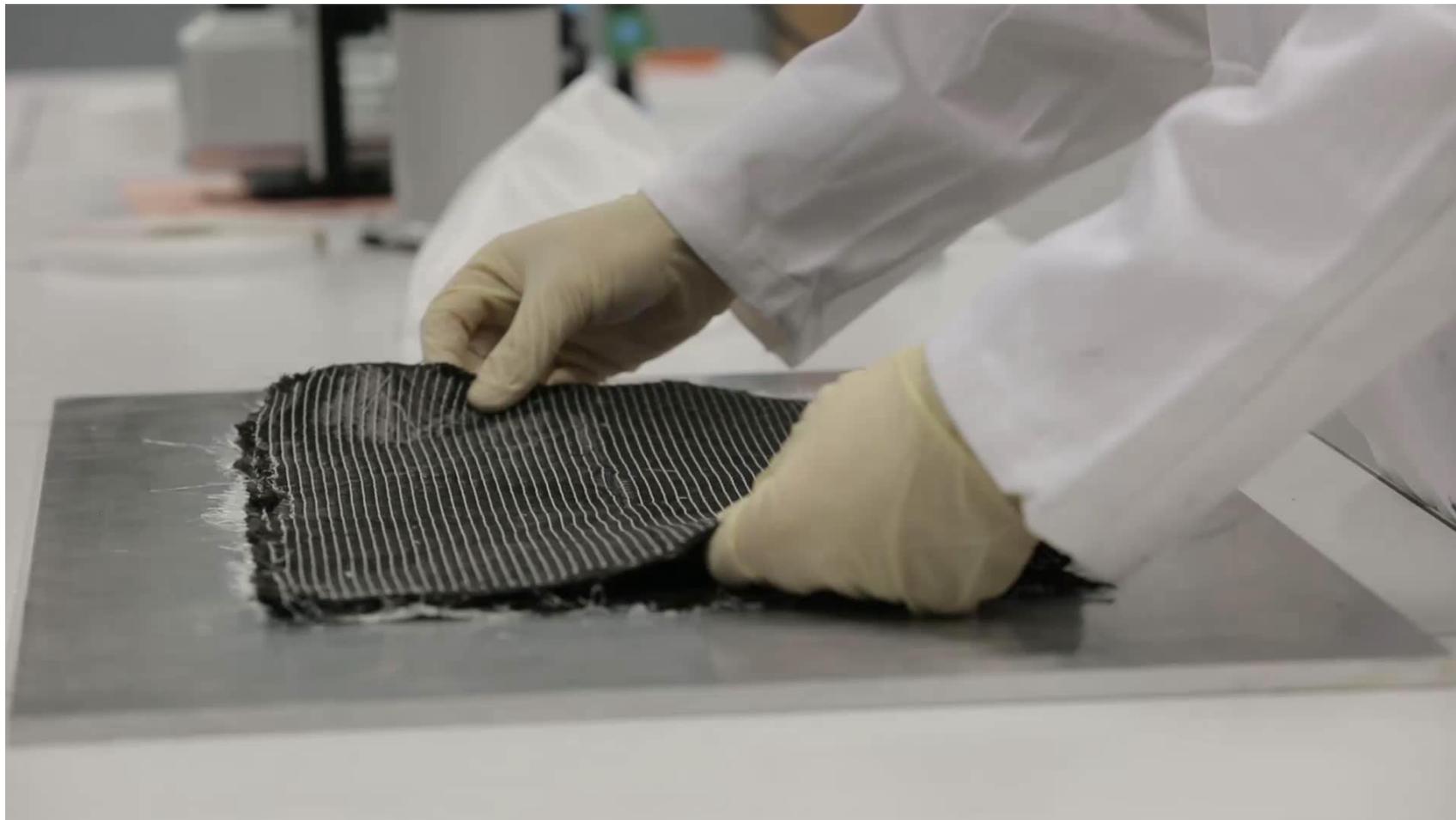


2^{ème} brevet en
cours de dépôt

 Mäder

Laboratoire de Photochimie
et d'Ingénierie Macromoléculaires
lpim
MULHOUSE

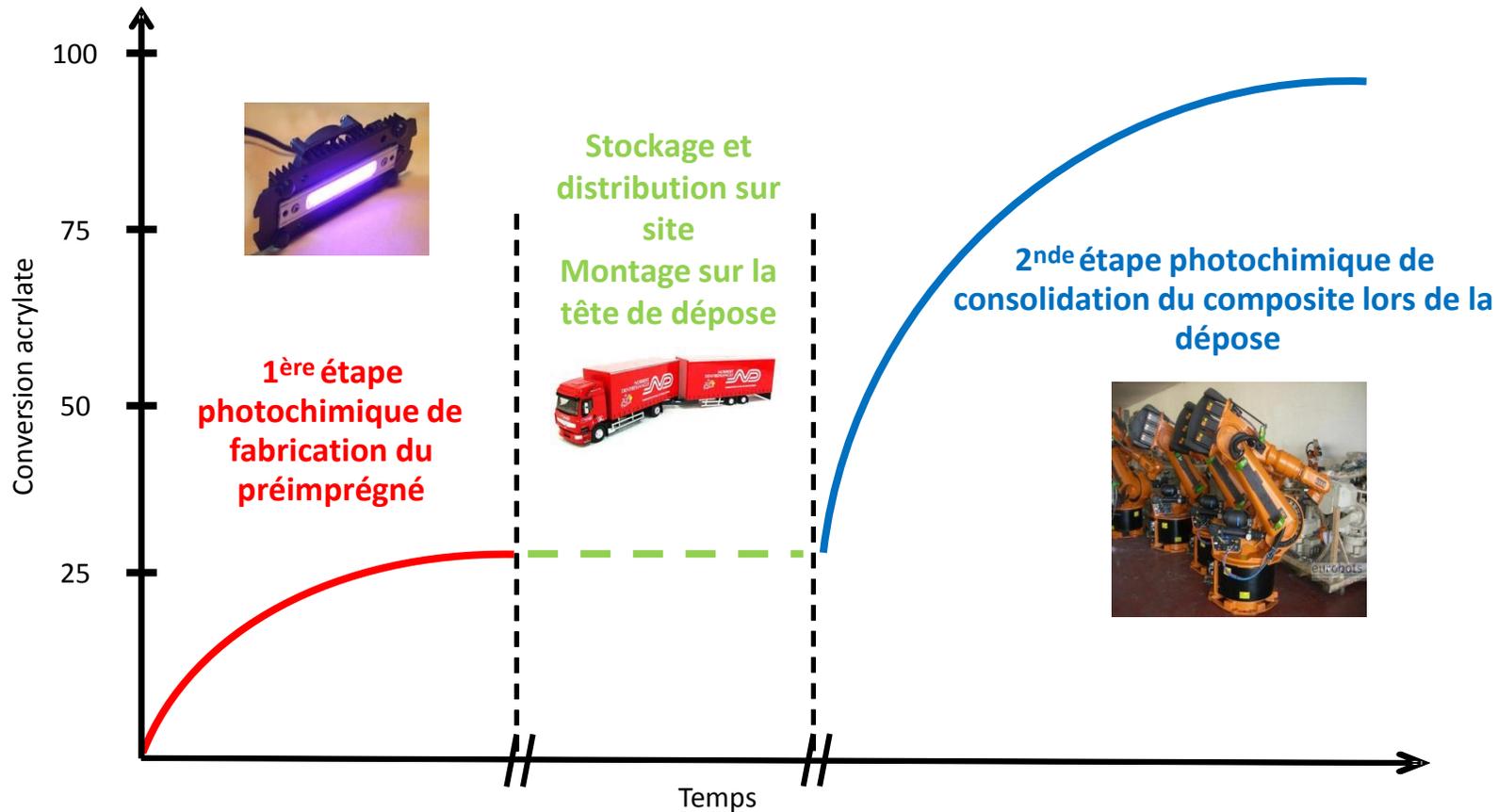
Exemple : Infusion UV



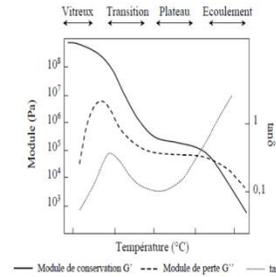
Exemple : la photochimie du projet COMPOFAST

1^{ère} étape de création photochimique d'un préimprégné.

2^{nde} étape de dépose et post-irradiation



De la résine aux composites



Automatisation
de la dépose

Seconde phase de
caractérisation



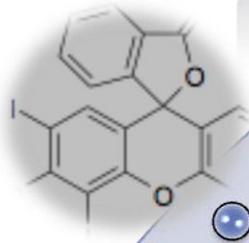
Première phase de
caractérisation

Imprégnation
automatisée du
fibre

Développement de la
résine photo
polymérisable

Comportement mécanique
du pré imprégné

Comportement mécanique
du composite



Résine



Pré-impregné

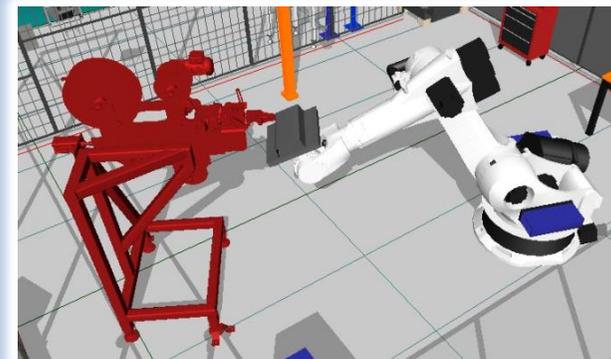


Composite final

Fabrication manuelle

Références – Plan d'expérience

Fabrication automatisée



ESSAIS



Physico chimique

(DSC, MEB ...)

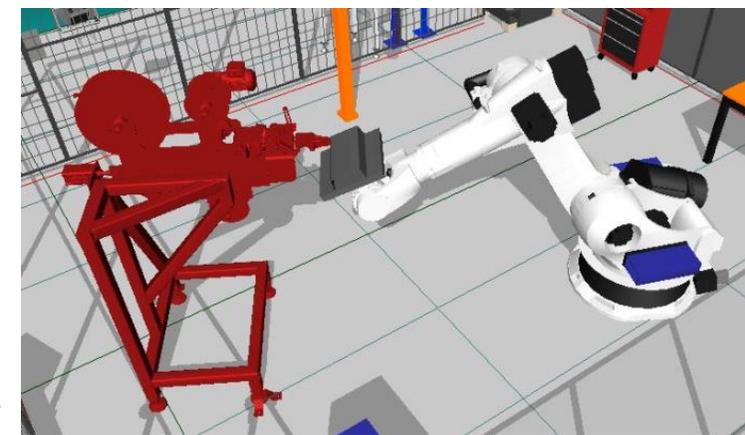
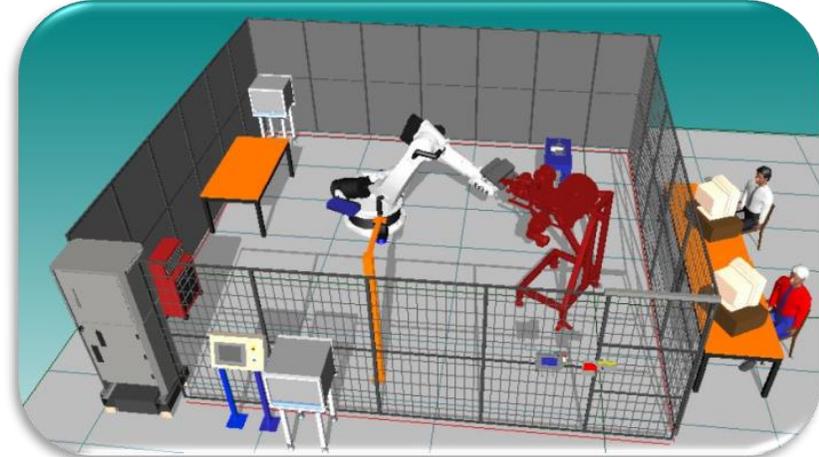
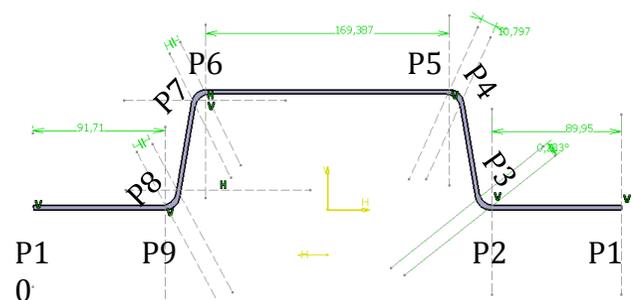
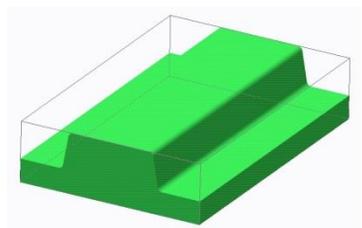
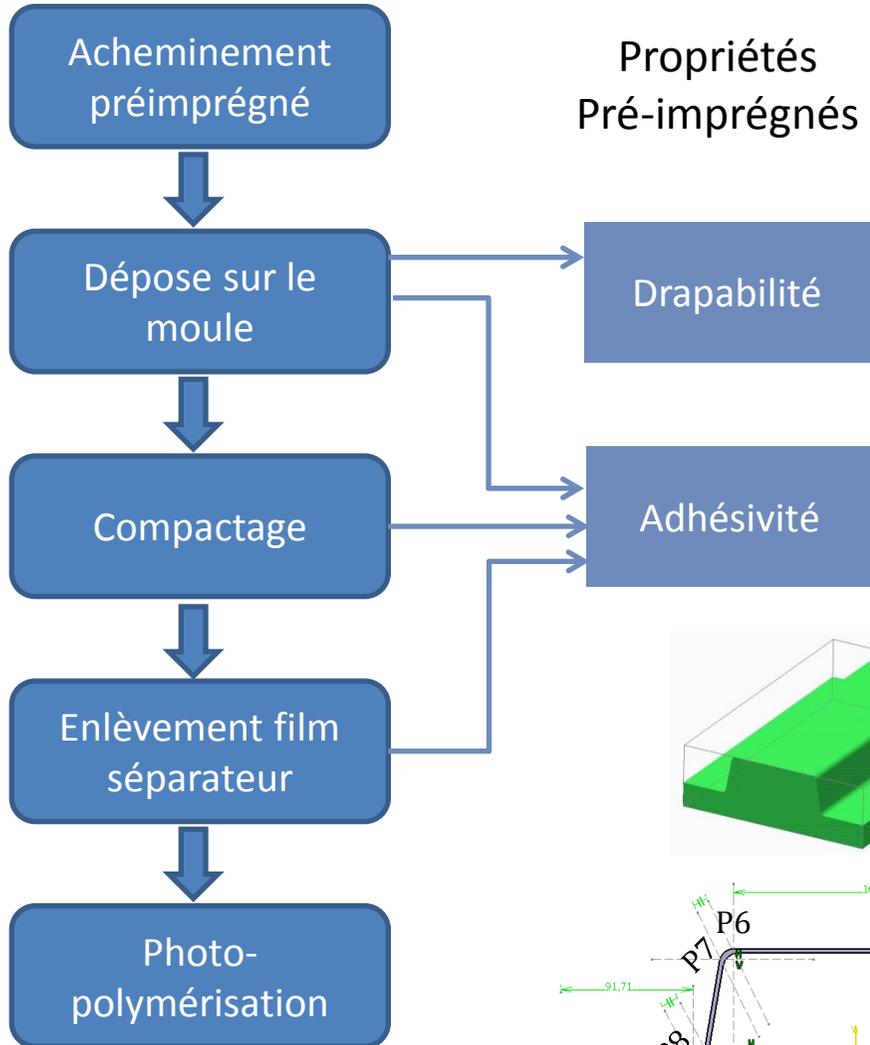
Mécanique

Plateforme composite
Classe 0,5 (0,5N – 250 kN)



(traction, compression, flexion, température ...)

Procédé COMPOFAST



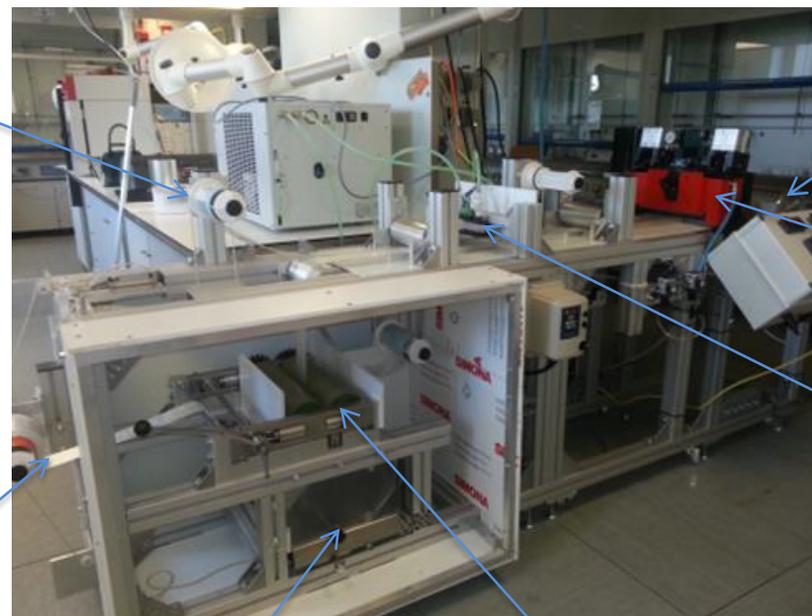
Elaboration des préimprégnés

Principe d'élaboration

- ❖ Imprégnation du renfort
- ❖ Essorage
- ❖ Photo-polymérisation
- ❖ Conditionnement

Protection

Conditionnement



Bloc tracteur

Photo
Polymérisation

Renfort

Bac
d'imprégnation

Rouleaux
D'exprimages

Réglage des paramètres d'imprégnation

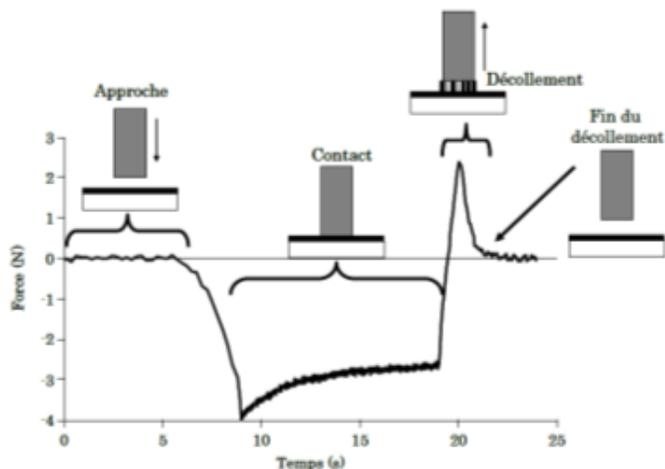
- Vitesse d'avance
- Force d'exprimage
- Paramètres de la lampe UV



Pour assurer des propriétés

- Homogénéité de l'imprégnation
- Teneur en résine fixe et homogène
- Degré de Photo-polymérisation

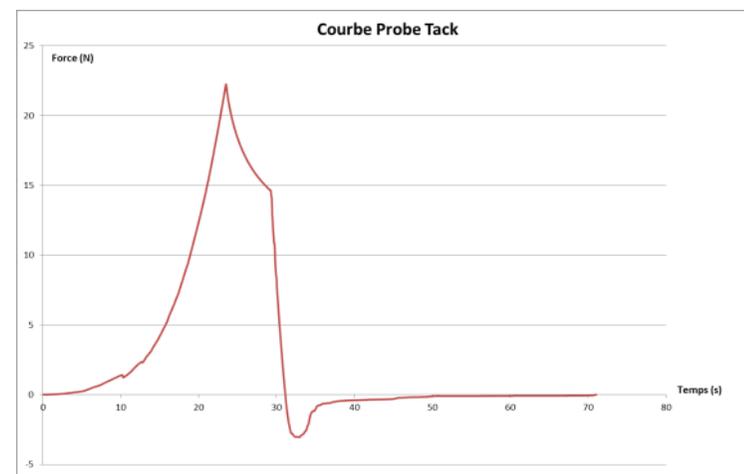
Caractérisation des propriétés de Tack



Paramètres de tack

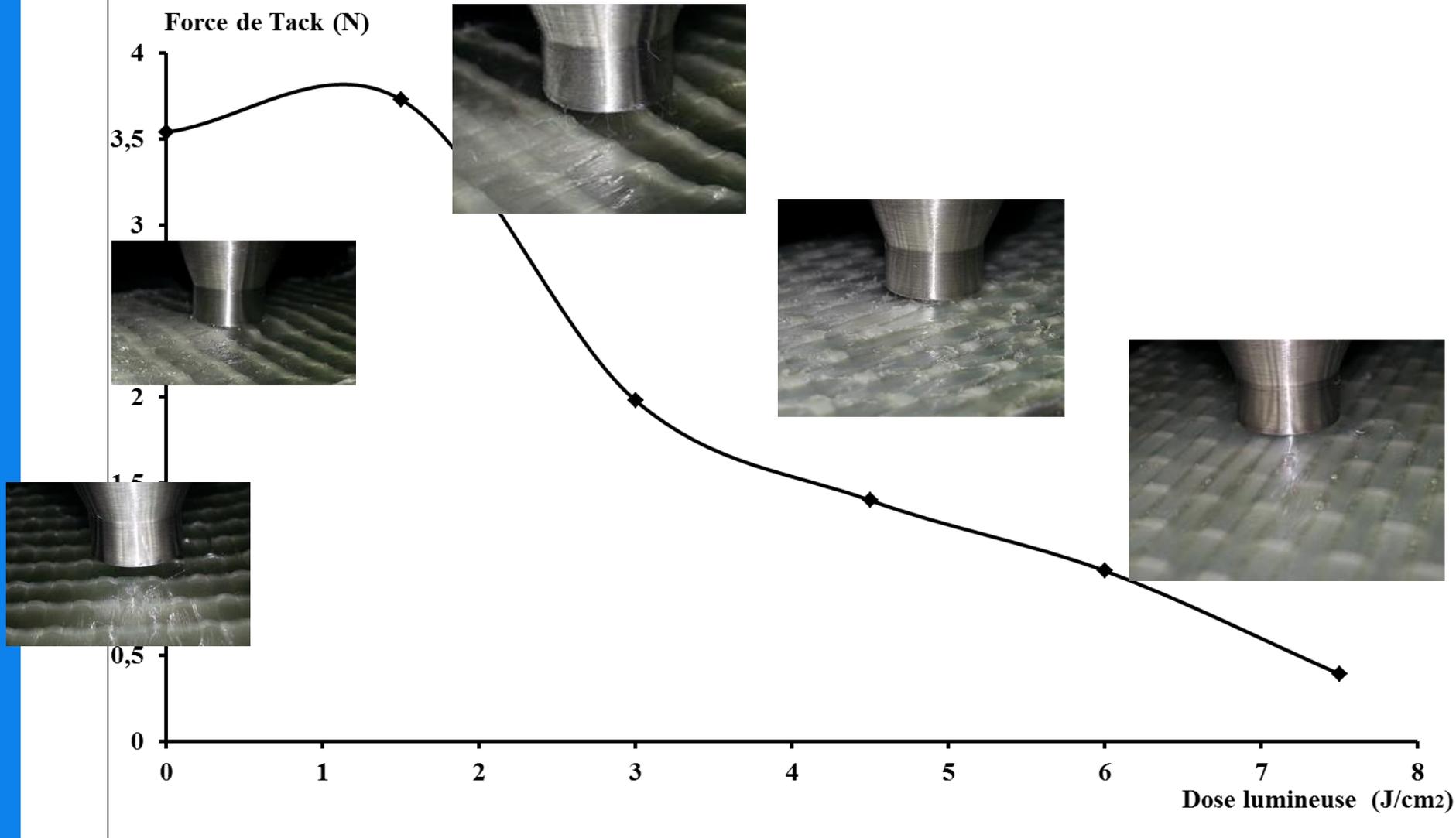
- Propriétés de la résine :
degré de pré-photopolymérisation
- Conditions de contact :
Temps de contact
pression de contact

$V = 1 \text{ mm.mn}^{-1}$
 $F_T = 25 \text{ N}$
Cellule : 100N



Tack – dose lumineuse

Evolution de la force de tack en fonction de la dose lumineuse

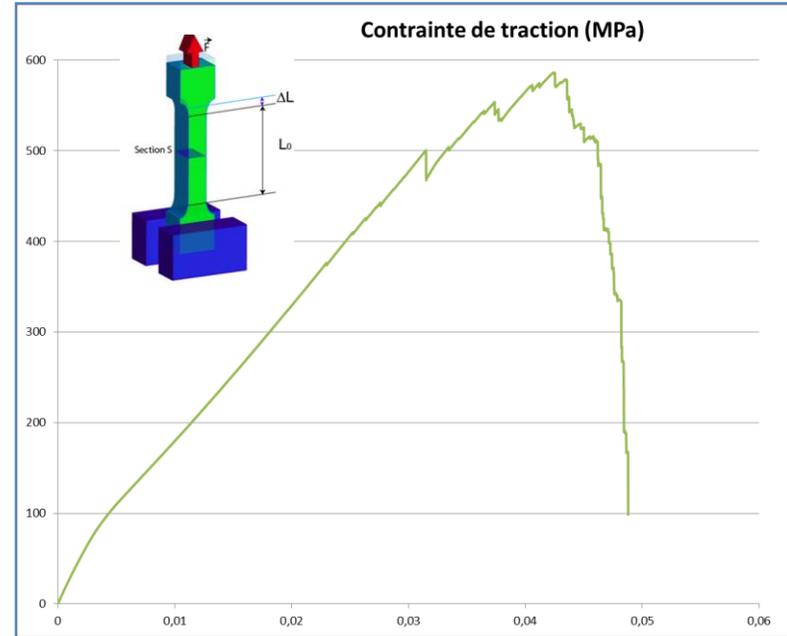


TRACTION

Traction NF EN ISO 527-5

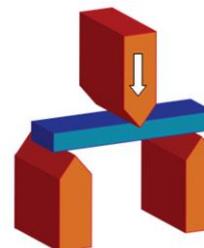
| Type | Module de Young (MPa) | | Contrainte à la rupture (MPa) | |
|------|-----------------------|--------|-------------------------------|------|
| | Moyenne | S.D. | Moyenne | S.D. |
| 1 | 35665,0 | 2666,1 | 572,7 | 26,7 |
| 2 | 34800,0 | 1698,5 | 386,2 | 69,4 |
| 3 | 34168,3 | 2783,2 | 624,0 | 51,2 |
| 4 | 35887,8 | 3335,2 | 689,0 | 51,6 |

- Une dispersion entre les différentes éprouvettes
- Peu de différence entre les différents échantillons
- La rupture s’amorce au niveau des défauts de découpe et d’imprégnation

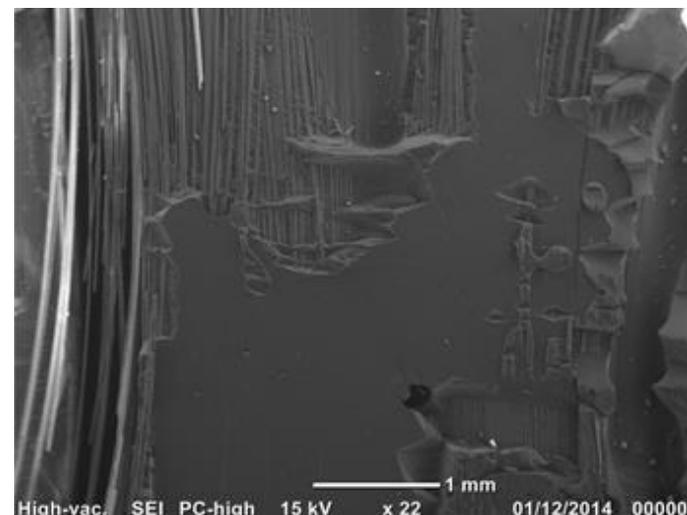


FLEXION 3 POINTS

Flexion NF EN ISO 14125



| Type | Module de Young (MPa) | | Contrainte à la rupture (MPa) | |
|------|-----------------------|--------|-------------------------------|-------|
| | Moyenne | S.D. | Moyenne | S.D. |
| 1 | 31100 | 2714,2 | 580 | 32,19 |
| 2 | 36233,3 | 2081,7 | 854 | 64,9 |
| 3 | 31325 | 1558,6 | 875 | 67,9 |
| 4 | 31375 | 1138,3 | 919,8 | 73,7 |



- Une dispersion entre les différentes éprouvettes
- Augmentation de la contrainte à la rupture
- La rupture est interlaminaire pour les composites à 3 couches
- La rupture se fait en traction pour les composites à 2 couches



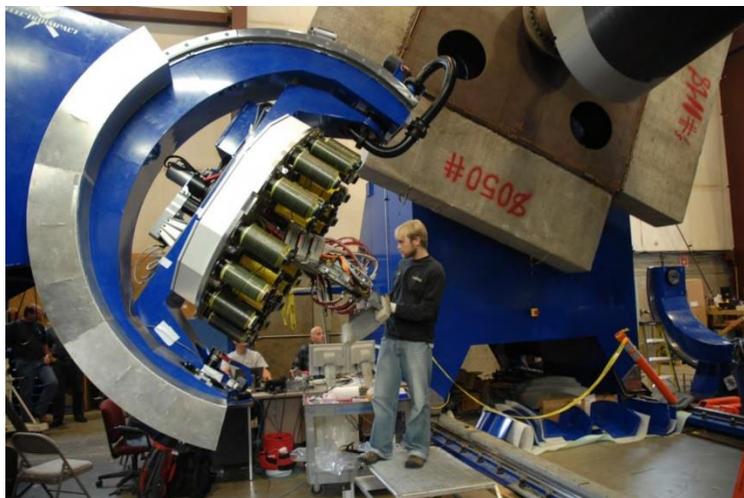
Rupture en cisaillement interlaminaire



Rupture des fibres en traction

Placement de fibre automatisé

Machine transfert

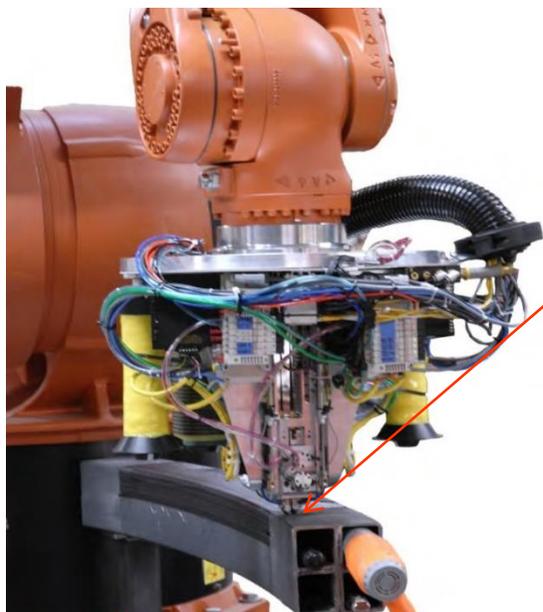


Electroimpact

Robot de placement

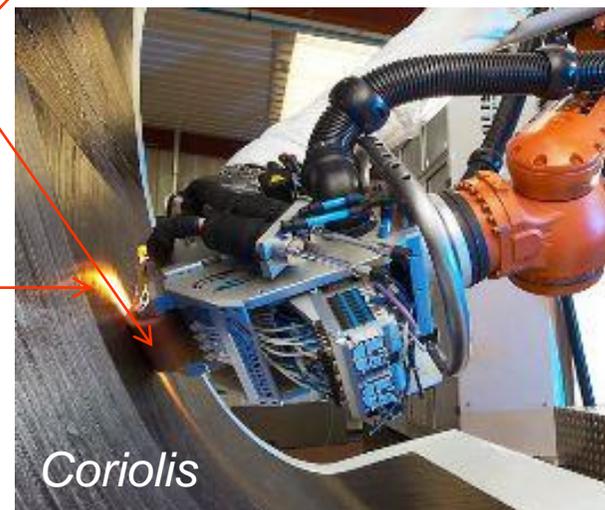


Coriolis



Rouleau de dépose

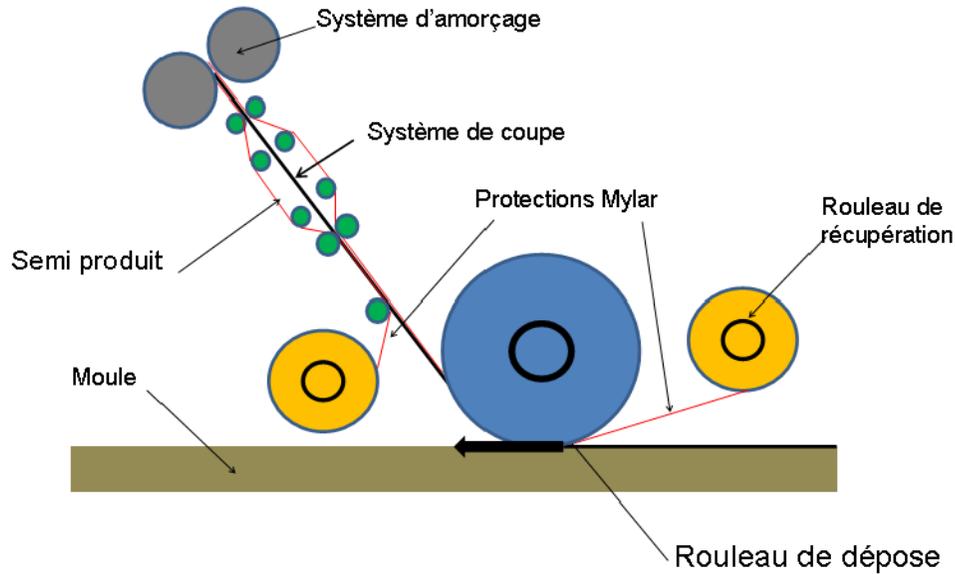
Module de chauffe



Coriolis

Electroimpact

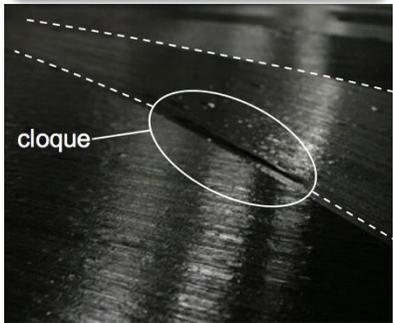
Placement de fibre - Principes



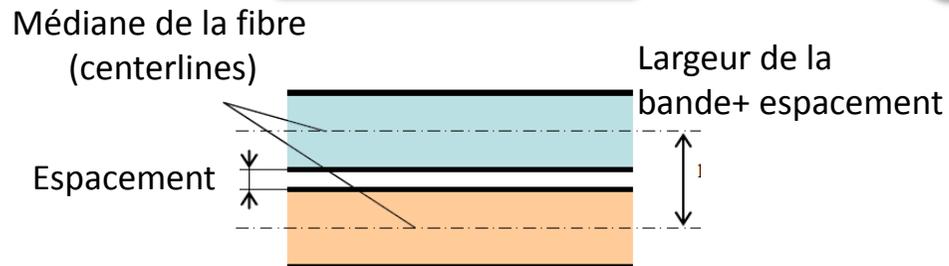
Flexibilité
Polyvalent
Adaptabilité
Maintenance

Contraintes géométriques de dépose automatique

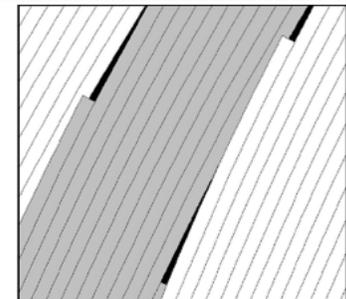
Steering [Land96]



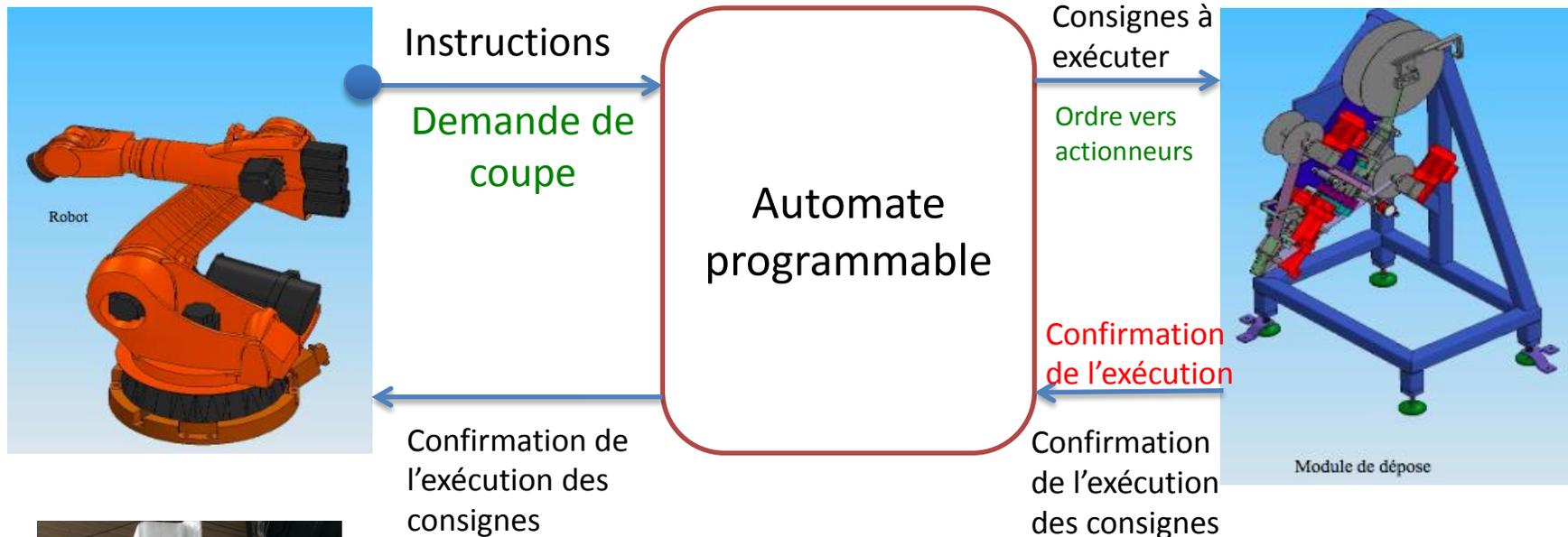
Espacement [Shirinzadeh07].



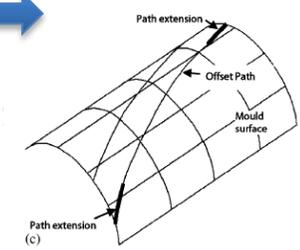
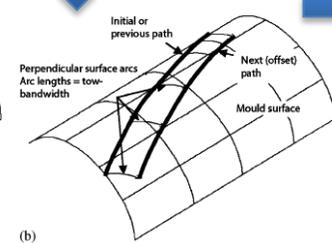
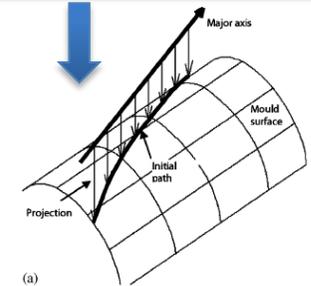
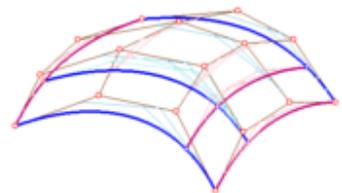
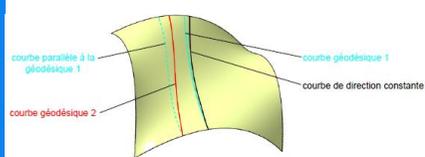
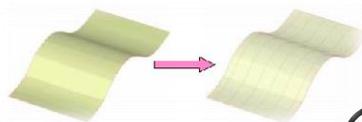
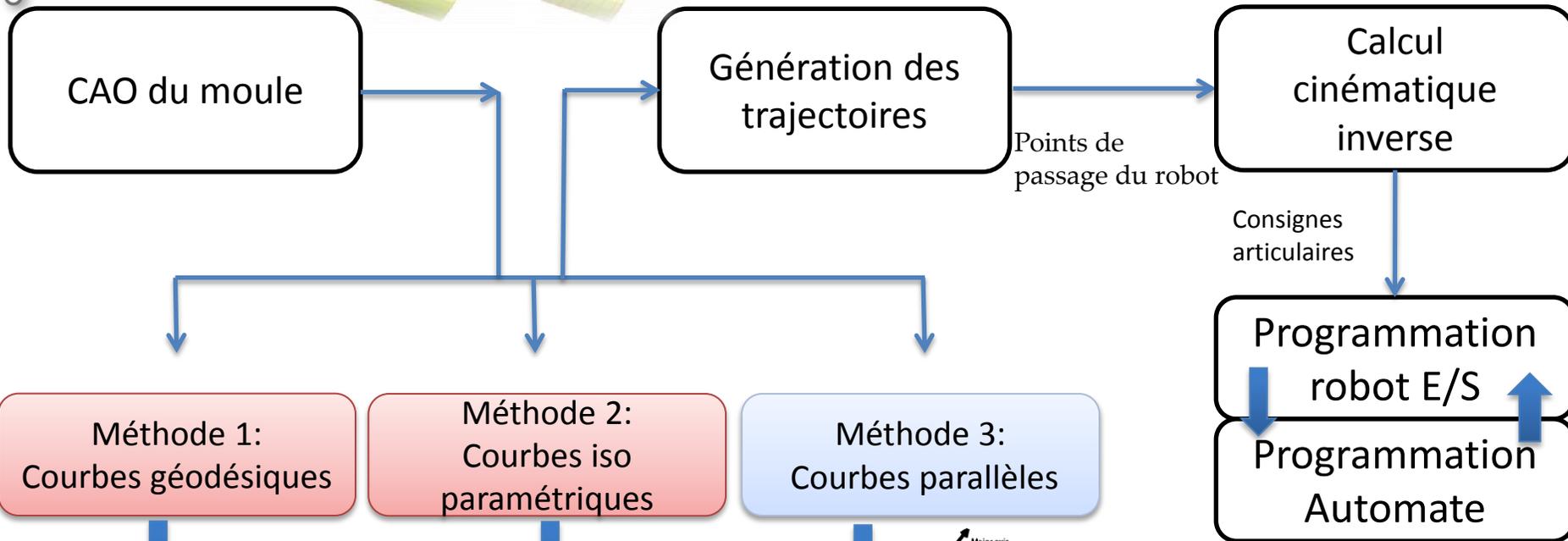
Direction [Roger03]



Systeme automatisé – pièce portée



Trajectoire et programmation



Coriolis - CGtech

CRÉE LE 23 JANVIER 2014

Située à Mulhouse au Technopôle de Haute Alsace

Membres fondateurs

Mäder Research – Université de Haute Alsace – Pôle Véhicule du Futur - Protechnic

Recréer un réseau entreprises/chercheurs dans les domaines de la chimie, des textiles, des composites et de la fabrication de machines, fondé sur cette identité historique Alsacienne

Aider les entreprises existantes à se rencontrer et à développer de nouveaux produits en leur apportant l'expertise et le soutien des membres avec l'objectif de maintenir et de développer l'emploi.

Réunir des industriels et des chercheurs de disciplines différentes, dans une relation de confiance, pour l'émergence de projets innovants

Objectifs :

Contribuer au rayonnement des entreprises partenaires,
Promouvoir la technologie,
Résoudre des problèmes industriels par l'innovation universitaire
Transférer les connaissances et la technologie photochimique,
Etre toujours à la pointe de la technologie,
Etre un lieu pilote pour les fournisseurs et les clients,
Développer des démonstrateurs,
Développer des plateformes mutualisées

| | |
|---------------------|-------------------------|
| <i>Président :</i> | <i>Hervé Farge</i> |
| <i>Secrétaire :</i> | <i>Fabrice Laurent</i> |
| <i>Trésorier :</i> | <i>Philippe Grasser</i> |

Actions générales :

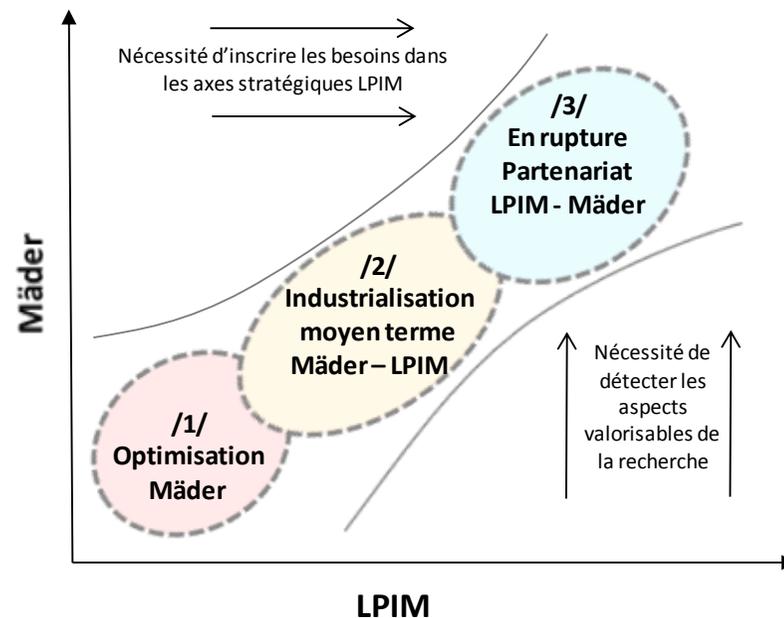
Rencontres, échanges entreprises/entreprises et entreprises/universitaires,
Croisement des métiers, des disciplines et des cultures d'entreprises,
Croisement avec technologies innovantes d'autres régions,
Positionnement stratégique de la technologie / un marché,
Brainstorming,
Montage de projet collaboratifs avec financements,
Préparation des dossiers de labellisation,
Participer à des salons et des congrès,
Organiser des manifestations de promotion des activités de l'association

Avantage du noyau LPIM / Mäder :

- Développement de procédés résolvant les problèmes précédents
- Bonne adéquation des structures
- Capacité à générer du co-développement avec d'autres partenaires industriels.

Objet

- Apporter une nouvelle dimension : recherche amont à visée industrielle
- Projection d'une industrialisation de technologies en rupture à 6-10 ans.
- Rassembler Universitaires et industriels autour de thèmes communs



Remerciements

