

# De la matière à la matière par le numérique

Ateliers de l'information  
« Outils et techniques de numérisation et prototypage »

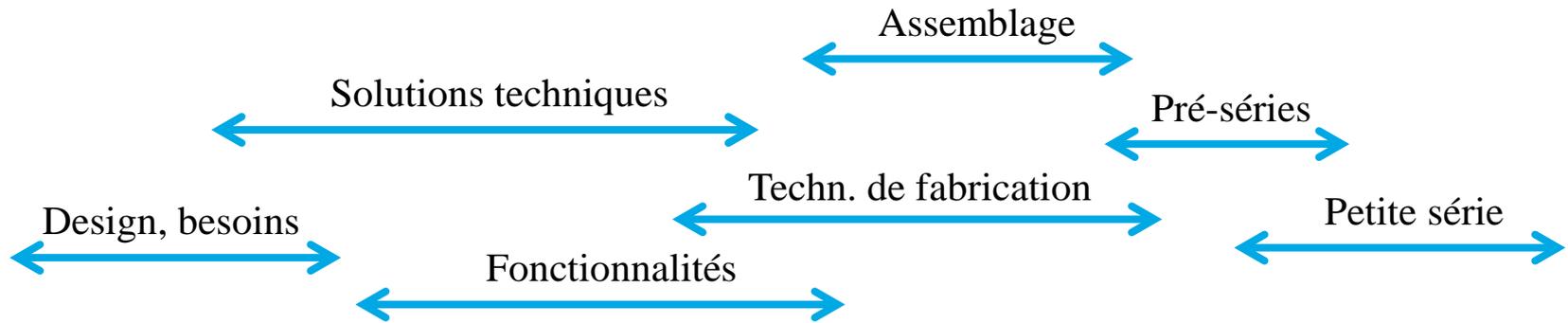
Philippe MARIN

# Qui suis-je ?

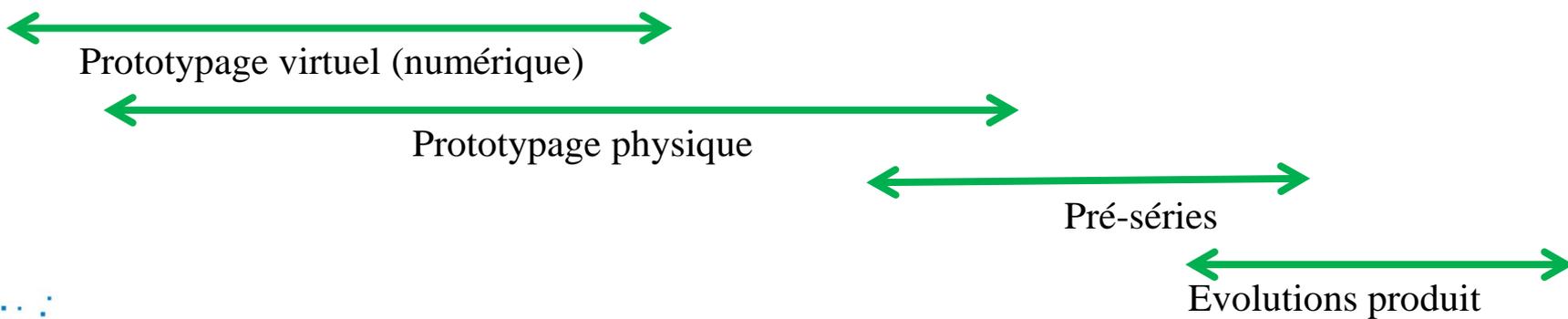
- **Agrégé de mécanique, concepteur de produits industriels**
- **Resp. filière « Ingénierie de Produits » de l'école de Génie Industriel, depuis sa création jusqu'à cette année.**
- **MCF lab. G-SCOP, Sciences de la Conception, Conception Collaborative...**

# Processus de développement

Pour exprimer ou évaluer



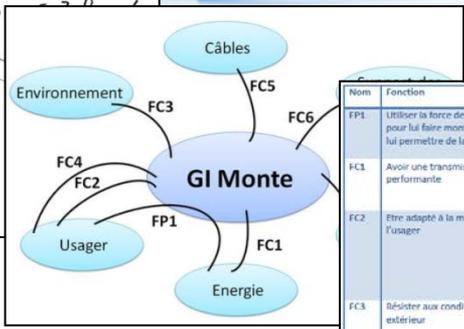
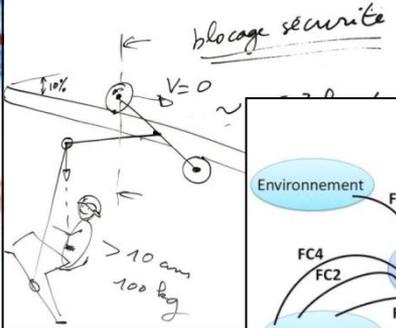
Modèles et prototypes



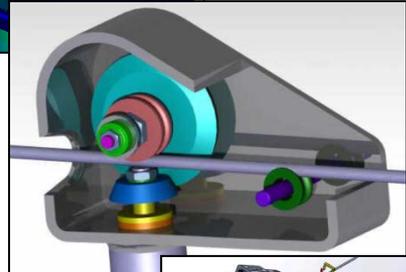
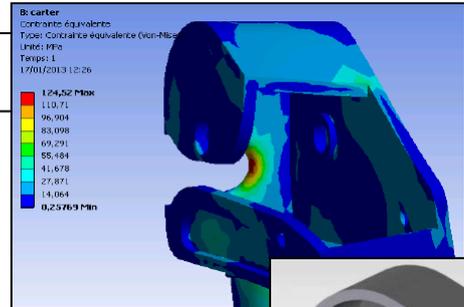
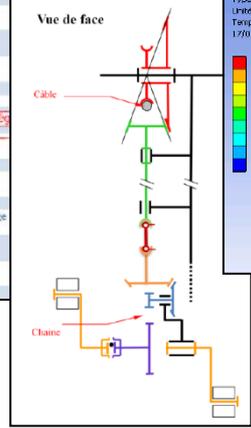
# Modèles et prototypes, dans un processus de conception de produits

- **Evolution progressive de modèles, de représentations** du produit, sous diverses formes
- Chaque modèle, chaque mode de représentation est un **conteneur d'informations**
- La « **traduction** » d'un modèle en un autre modèle **transforme, perd et génère** des informations
- Aucun modèle n'est parfait, aucun n'est complet, chacun doit simplement être **adapté à l'usage** que l'on en espère
- Un modèle peut être **numérique ou physique**

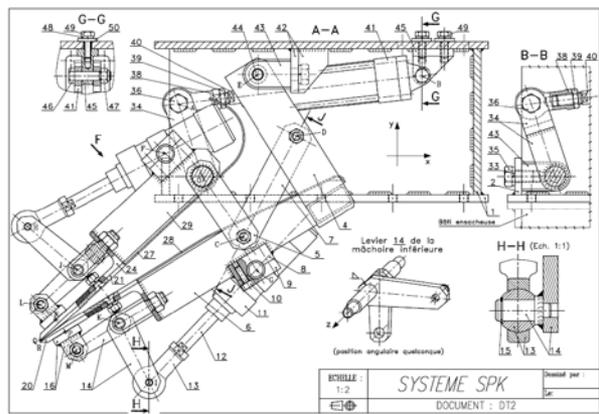
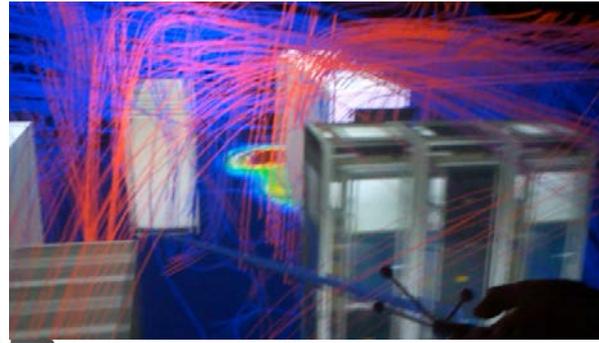
# Modèles numériques



Nom	Fonction	Critère	Tolérance	Flexibilité
FP1	Utiliser la force de l'utilisateur pour lui faire monter une pente et lui permettre de la descendre	Puissance d'entrée de 150 à 300W Perte de 10%	± 5 W	0
FC1	Avoir une transmission performante	Rendement	>75%	
FC2	Etre adapté à la morphologie de l'utilisateur	Amortissement des vibrations 70% Siège ergonomique Poignées souples Hauteur pédalier-ressort 150 mm Distance pédalier-dossier = 850 mm	±3% 1.20 +200	
FC3	Résister aux conditions en extérieur	Coussins Matériaux siège thermoflexible Elasticité des coussins Matériaux structure acier inoxydable	PA66, PVC rig. PP	
FC4	Etre sans danger pour l'utilisateur	Taille minimale de l'utilisateur 2m35 Poids maximum utilisateur+structure 110kg Age minimum 10 ans	± 3cm ± 10kg	



- Cahier des charges
- Schémas techniques
- Modèles 'CAO'
- Simulation Éléments finis
- Dessin technique
- Réalité virtuelle



- Maquette de design esthétique
- Reproduction pour copie
- Maquette d'assemblage
- Prototypes d'essais de comportement
- Maquette/proto de démonstration
- Prototype d'industrialisation
- ...



(Cirtes, St Di  des Vosges)

Transformation de modèle...



Smart Fortwo VS Mercedes E-Class - CRASH TEST  
<https://www.youtube.com/watch?v=ueafSvK9T-M>

## Numérisation de formes: Domaines d'applications

# Numérisation de formes : dans un processus de « design »

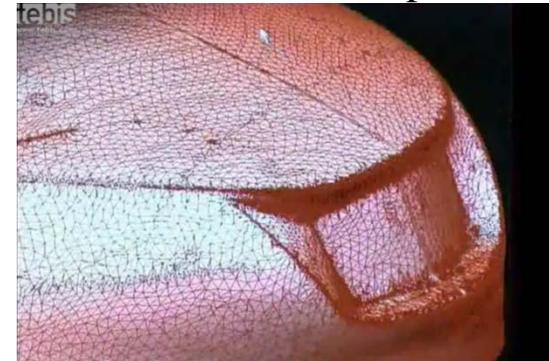
Info « matrielle »



Info « visuelle »



Info « ensemble de points »

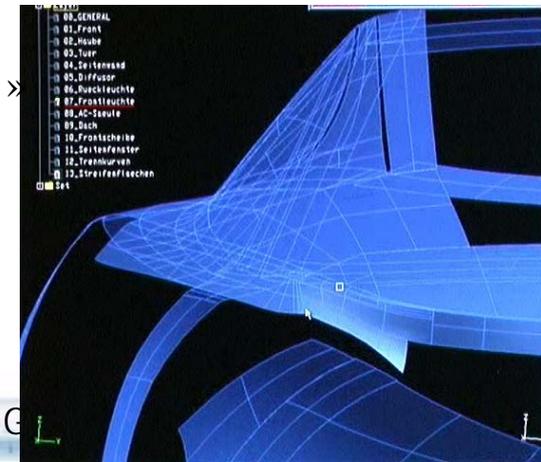


Info « série de photos »

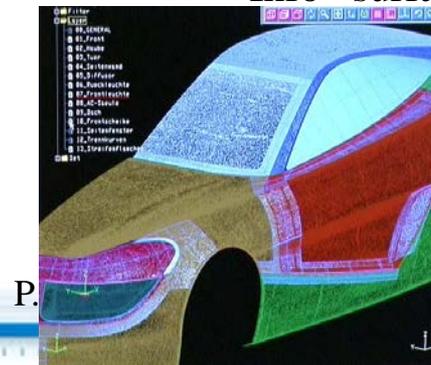
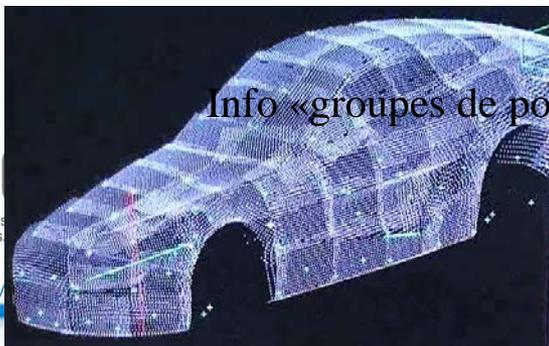


<http://www.youtube.com/watch?v=hvvXYXIS50U> (TEBIS)

Info « surfaces »



Info « groupes de points »



# Numérisation de formes : dans un processus de contrôle ou de comparaison

Modèle numérique théorique



Modèle CAO

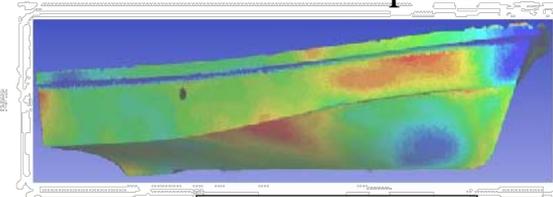
Modèle matériel numérisé



Numérisation



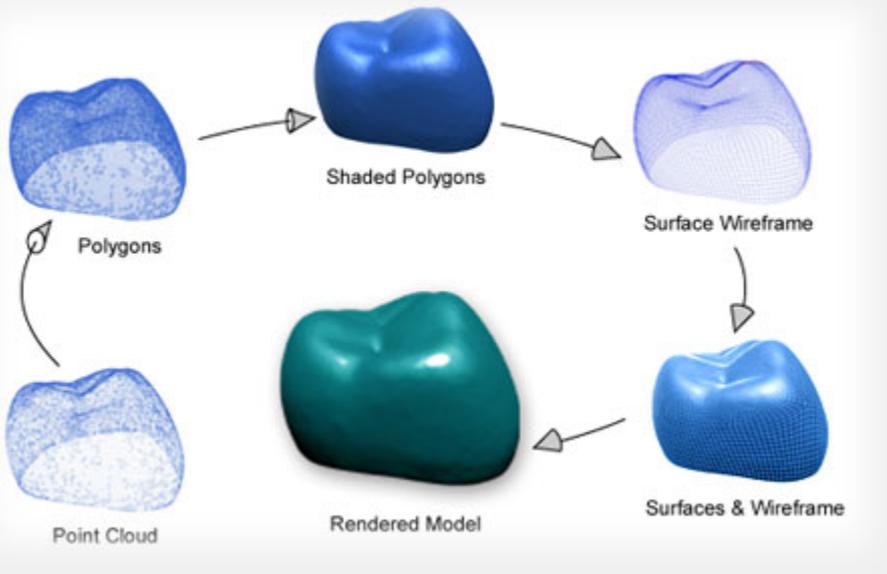
Comparaison / contrôle



Cartographie des écarts

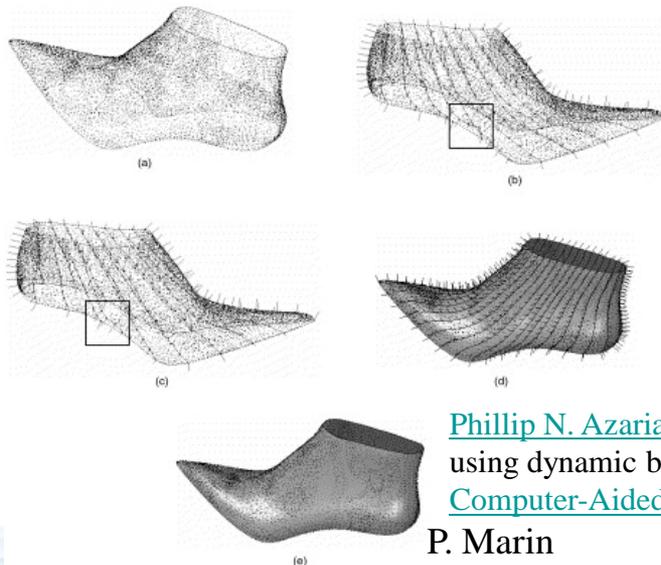
<http://www.crt-morlaix.com>

# R tro-conception



<http://www.mechanicalengineeringblog.com>

<http://info.qpluslabs.com>

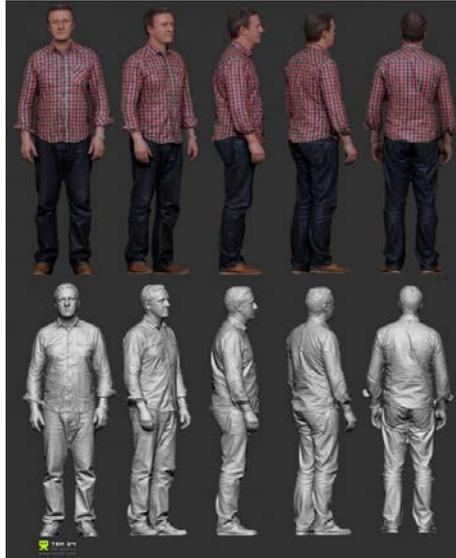


[Phillip N. Azariadis](#), Parameterization of clouds of unorganized points using dynamic base surfaces

[Computer-Aided Design Volume 36, Issue 7](#), June 2004, Pages 607–623

P. Marin

<http://www.ten24.info/?p=725>

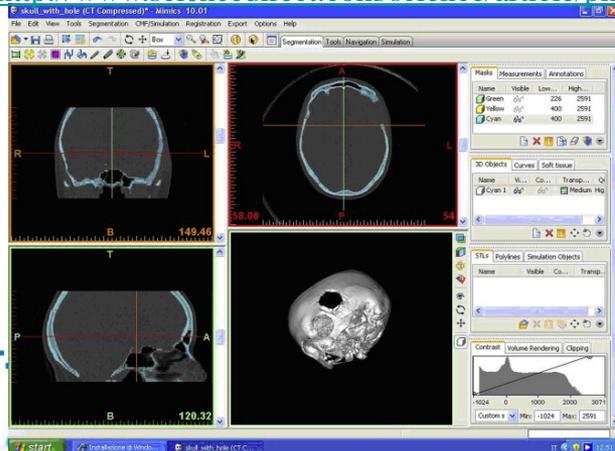


<http://www.3dscanstore.com/index.php/default/free-male-skull-3d-scan.html>

<http://www.creaform3d.com/>



<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261306908005554>



P. Marin



<http://www.creaform3d.com>

# Santé

rein <http://sante.lefigaro.fr>



<http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2300983/Incredible-3D-scans-allow-parents-foetus-SMILING-MOVING-stunning-detail.html>

P. Marin



<http://www.faro.com/>



# De la matière au numérique...

## Techniques de numérisation : Principes & outils

# Mesure par contact



Précis ( $< 0,05\text{mm}$ )

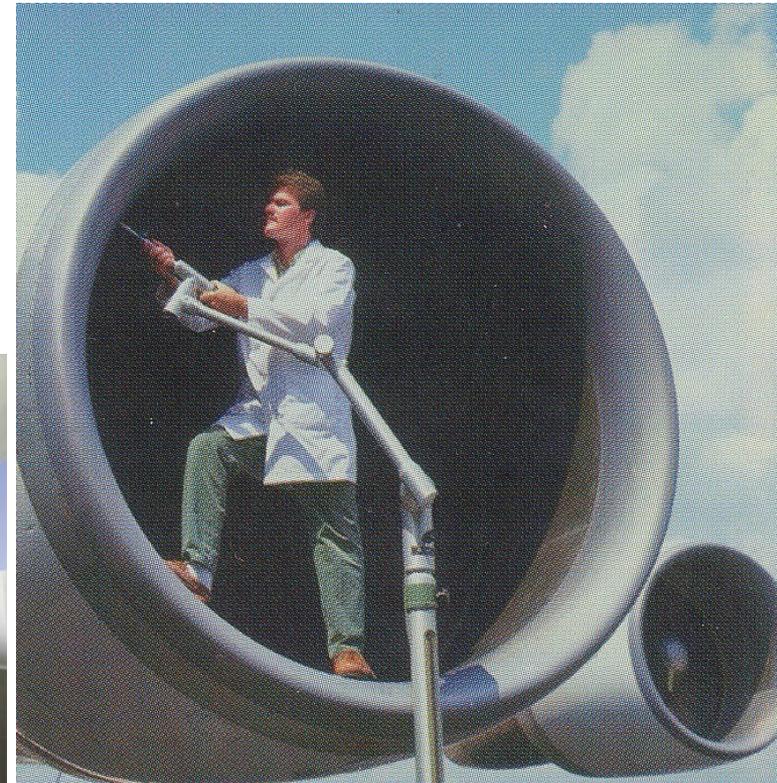
Mais long (point par point)

<http://www.faro.com>

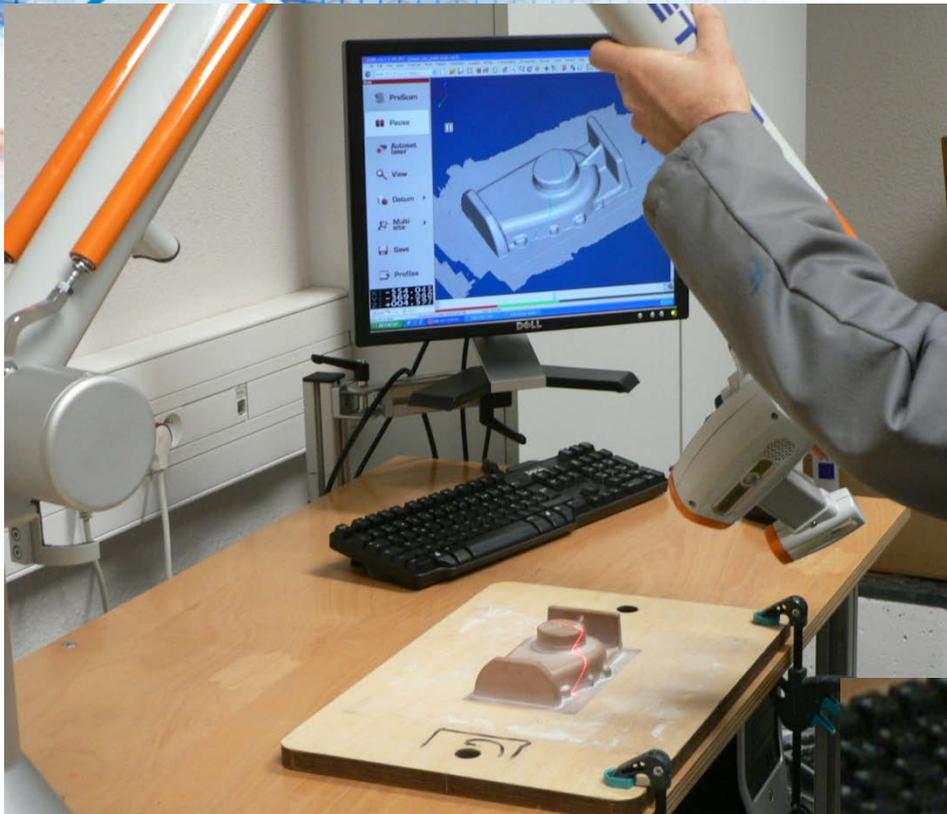


Metris arm

<http://www10.mcadcafe.com>



# Capteur laser

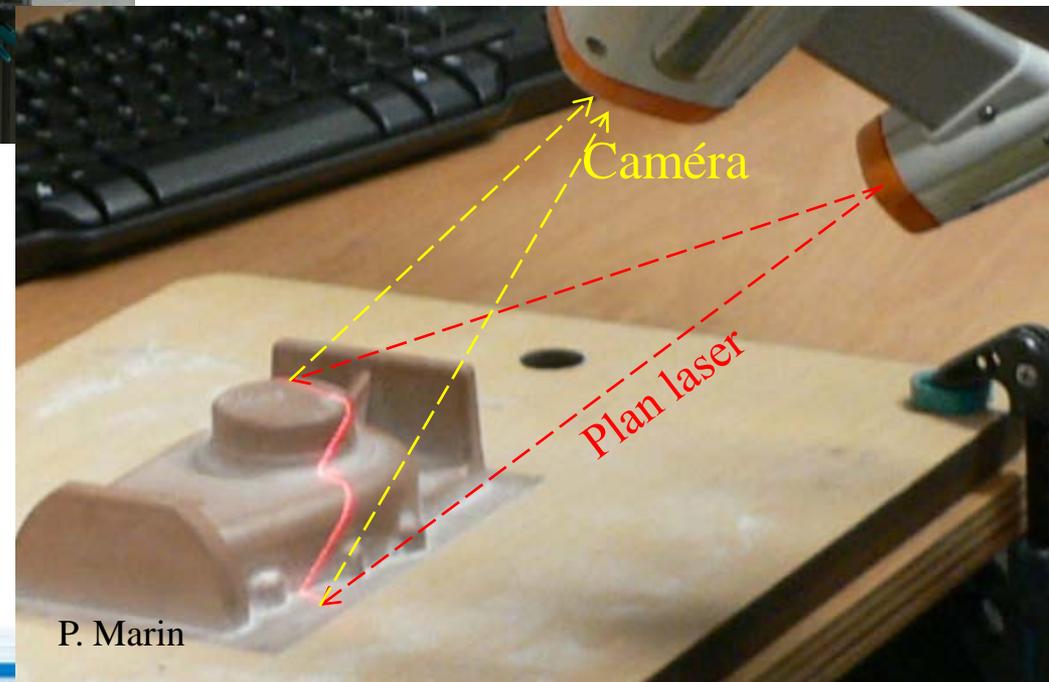


<http://www.aip-primeca-ds.net/-GI-Nova-.html>

Précision ( $\sim 0,1\text{mm}$ )

Acquisition rapide (dizaines de minutes)  
+ temps de traitement des données

(30' à quelques heures)

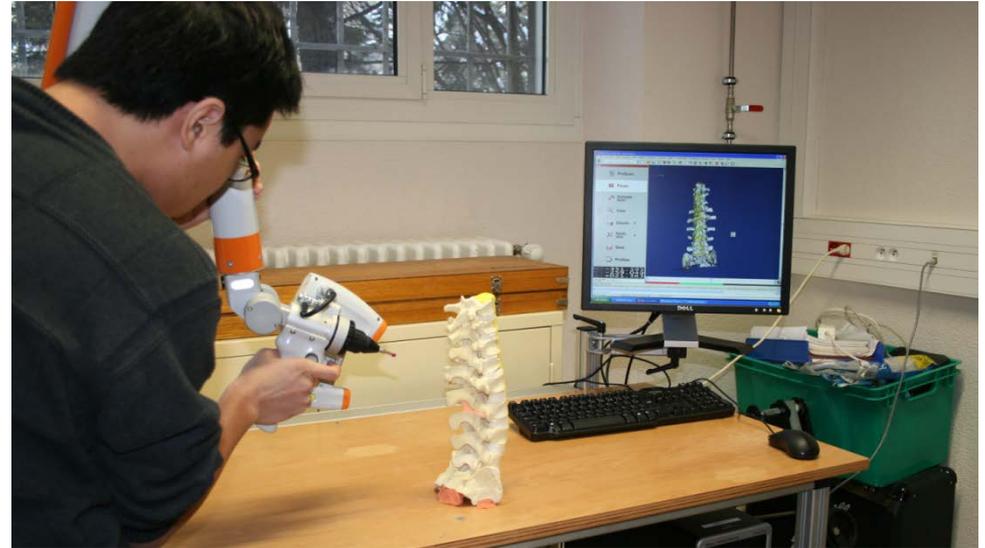


P. Marin

# Scanners à base laser



(Scanner Metris; Hexagon Metrology)



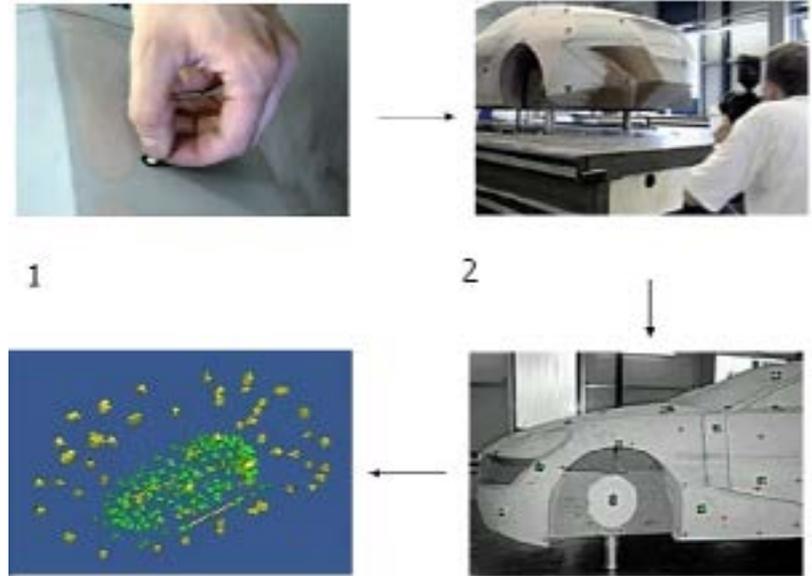
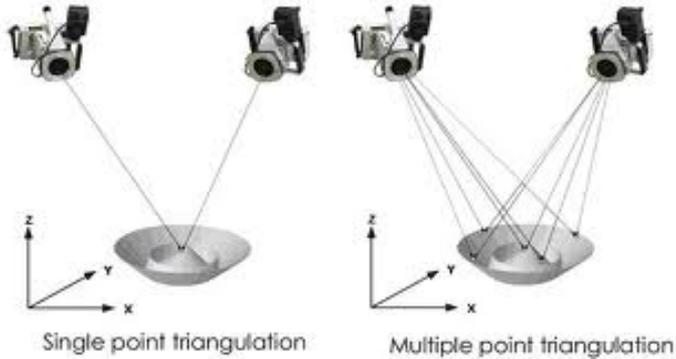
<http://www.aip-primeca-ds.net/-GI-Nova-.html>

(Scanner HandyScan, <http://www.creaform3d.com>)



P. Marin

# Photogrammétrie



(TRITOP<sup>CM</sup>)

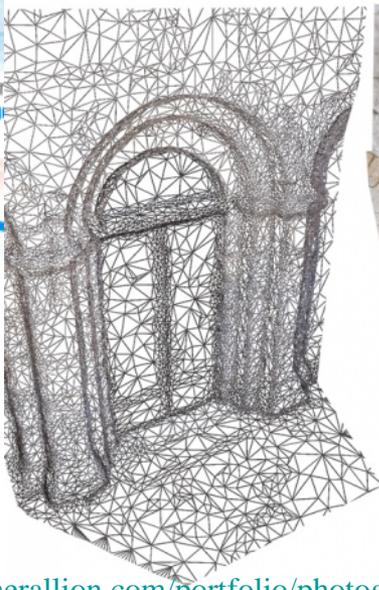
Moins précis que les techniques laser (quelques mm)  
Mais scan possible de très grands objets

<http://www.herve-laurent.com/skipper/actualites/photogrammetrie-courbe-stabilite-vor70.xhtml>



P. Marin

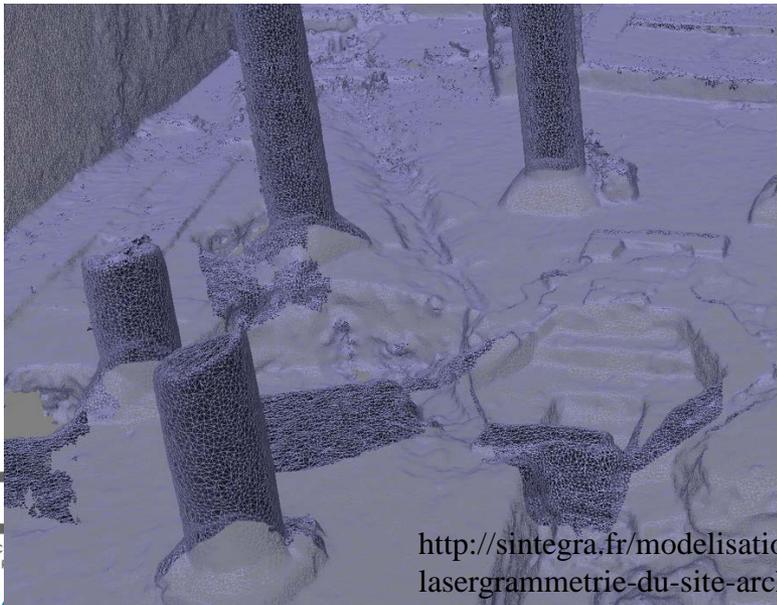
# Photogrammétrie



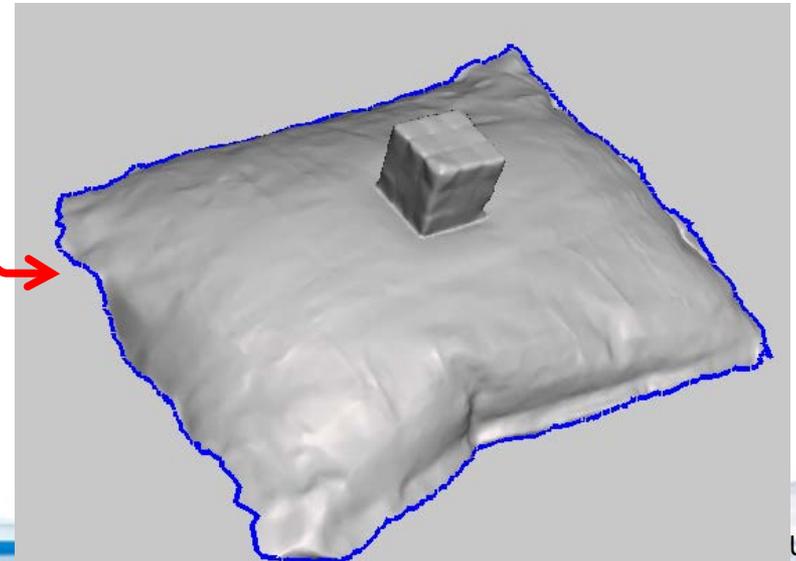
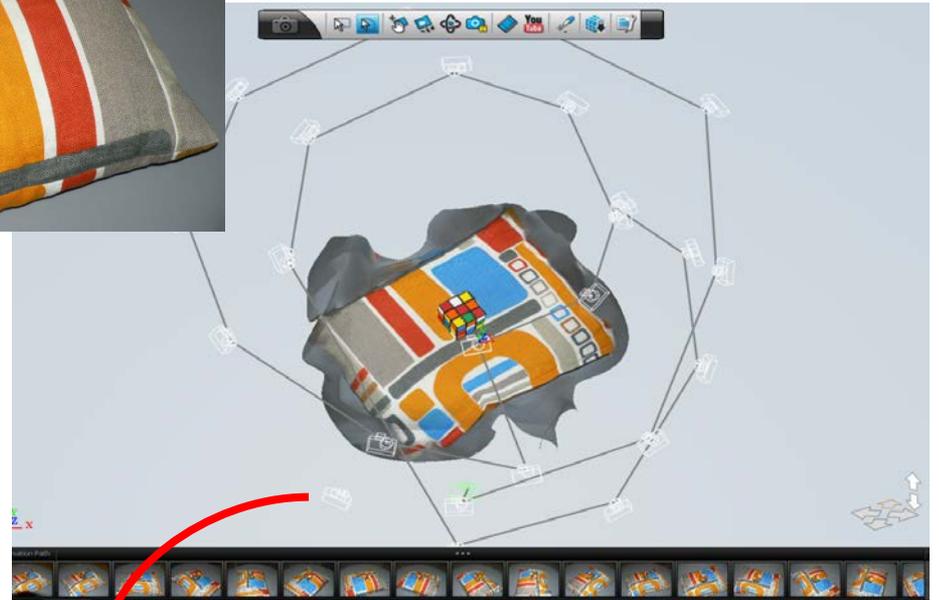
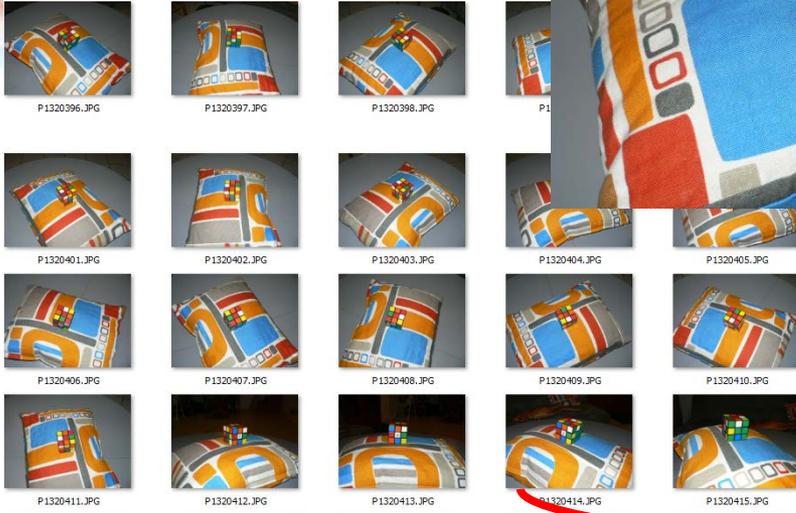
[http://www.mainecrea.com/3D/photogrammetrie\\_3D.php](http://www.mainecrea.com/3D/photogrammetrie_3D.php)

Reconstitution d'un menhir

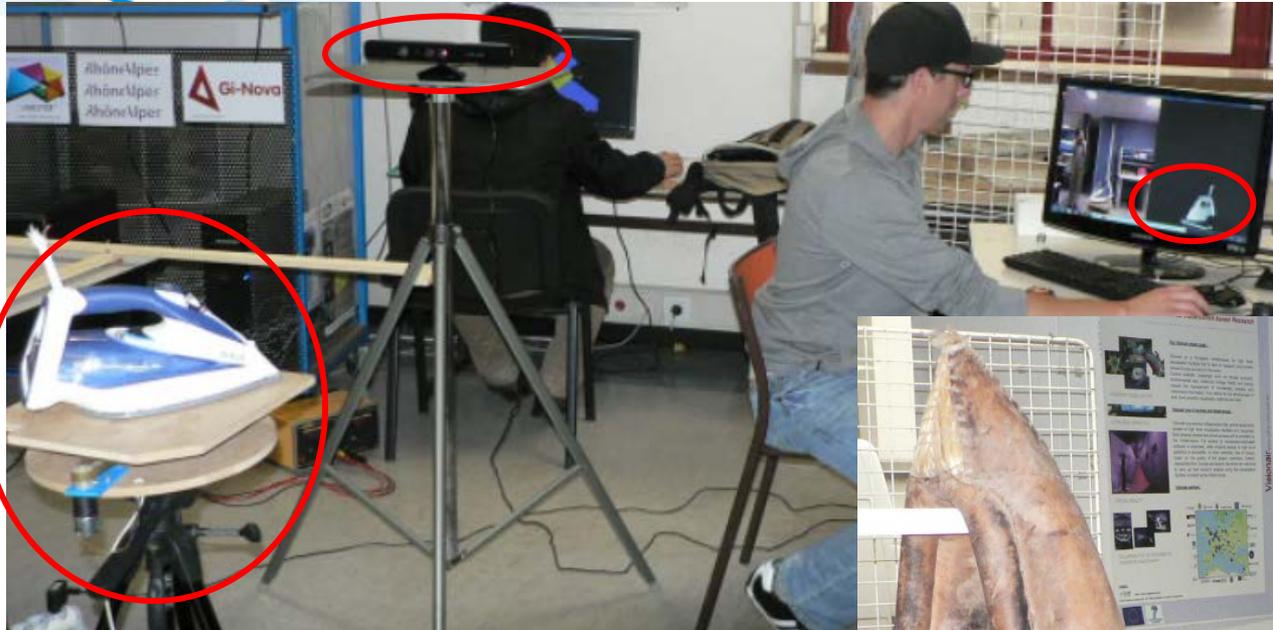
→ Informations : Géométrie + couleurs



<http://sintegra.fr/modelisation-par-photogrammetrie-et-lasergrammetrie-du-site-archeologique-de-cimiez-nice/>



## Kinect Microsoft + logiciel libre (ReconstructMe)



<http://www.aip-primeca-ds.net/-GI-Nova-.html>

Moins précis que les techniques laser  
(~1 mm)

Mais plus rapide  
(quelques minutes)

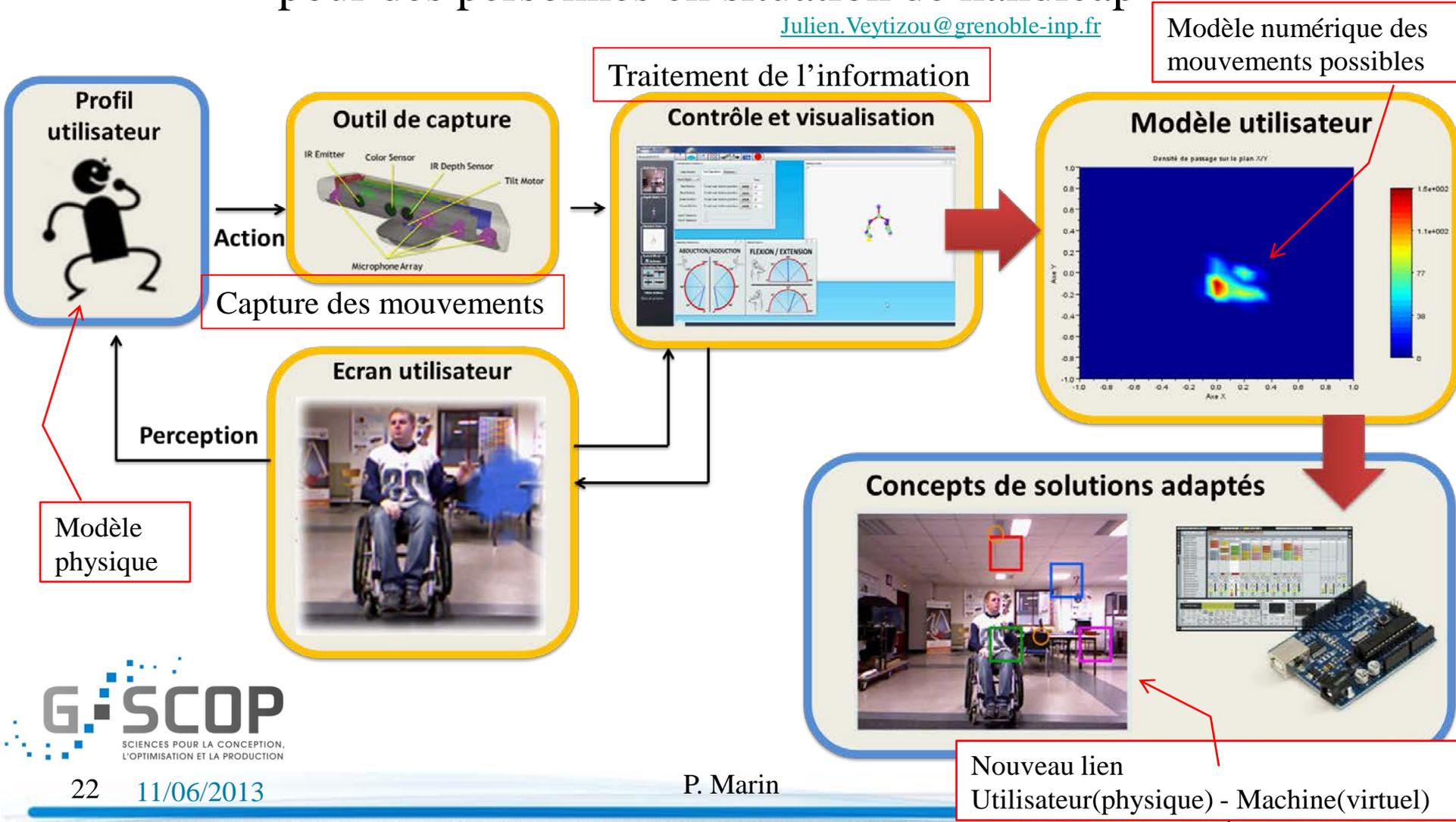


P. Marin

# Numérisation de mouvements

## Adaptation d'Interface Homme-Machine pour des personnes en situation de handicap

[Julien.Veytizou@grenoble-inp.fr](mailto:Julien.Veytizou@grenoble-inp.fr)



Modèle numérique des mouvements possibles

Traitement de l'information

Capture des mouvements

Modèle physique

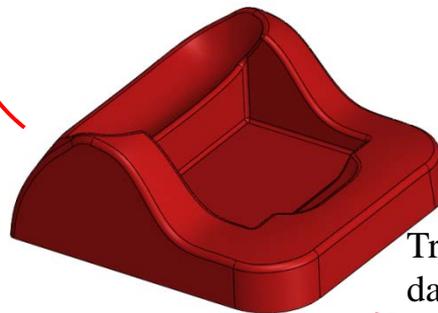
Nouveau lien Utilisateur(physique) - Machine(virtuel)

## Techniques d'impression 3D

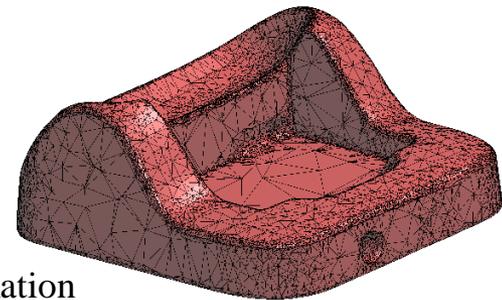


Numérisation

Impression 3D

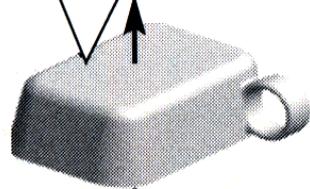


Transformation  
dans le numérique

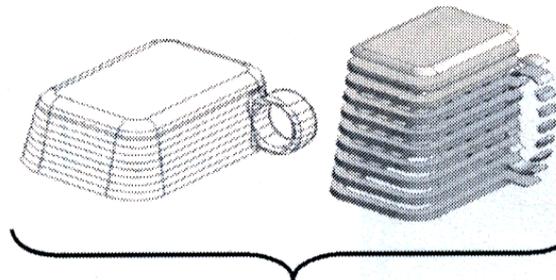


# Les technologies additives (fabrication par couches)

Mise en place du modèle dans l'espace virtuel de la machine



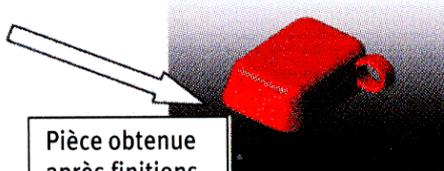
Direction de fabrication



Fabrication du modèle par création successive de couches



Modèle physique sorti de machine  
(la qualité finale dépend beaucoup de l'épaisseur des couches)



Pièce obtenue après finitions

# Classifications des technologies additives

*Phase brute*

*Matériau*

*Principe physique*

*Énergie*

*Génération*

Liquide

Résine polymère

fusion

UV

hachurage

Poudre

Thermoplastique

collage

Laser

contours

Solide en fil

Plâtre

extrusion

thermique

surface

Solide en plaque

Sable

polymérisation

chimique

Bois

découpe+collage

mécanique

Métal

Faisceau d'électrons

# Dépôt de fil en fusion : FDM

Solide en fil

Thermoplastique

fusion

thermique

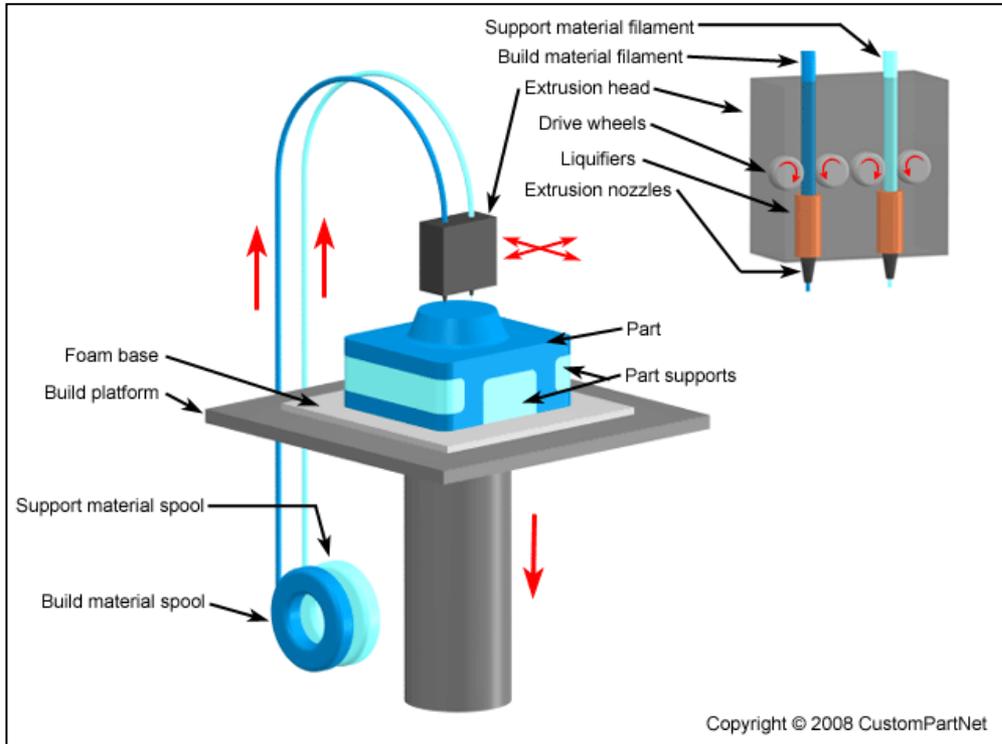
hachurage

## Opérations requises :

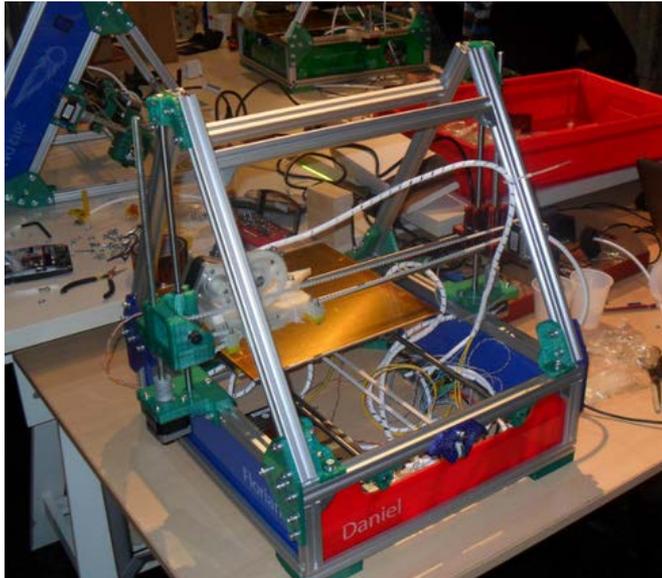
- Description des contours
- Quadrillage des surfaces
- Supports pour les fortes contre-dépouilles (surplombs)
- Suppression des supports

## Qualités :

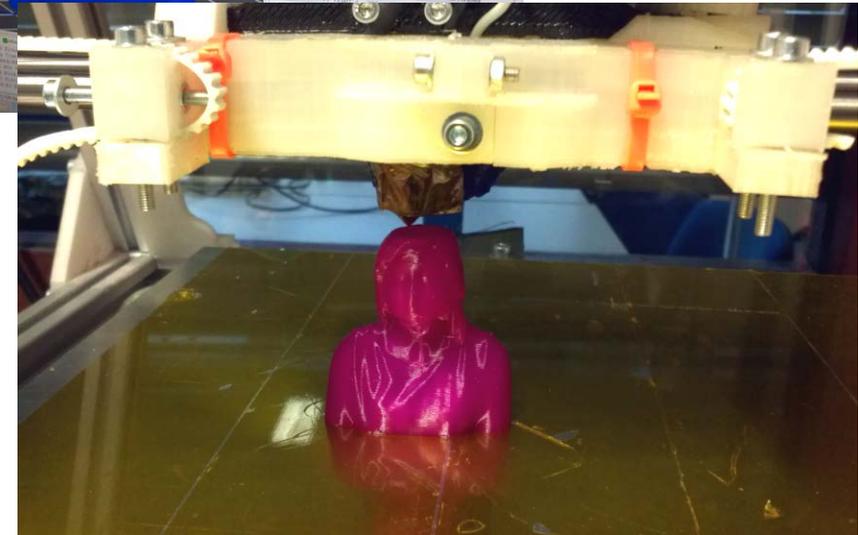
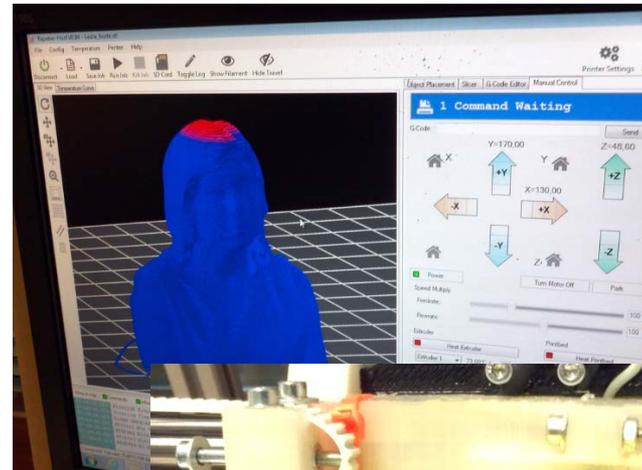
- Précision (0,2mm)
- Détails selon diam.fil (0,3mm)
- Bonne résistance
- Maîtrise du remplissage
- Peu onéreux
- Etat de surface rugueux



- Open source,
- Personnalisable,
- 30 à 50 x moins chère que FDM « pro »
- moins précise (~0,2mm)



<http://paoparts.com>



<http://www.aip-primeca-ds.net/-GI-Nova-.html>

## Informations véhiculées ?

→ géométrie

# Impression 3D

Poudre

Plâtre

collage

chimique

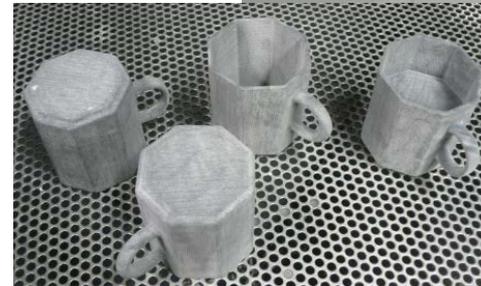
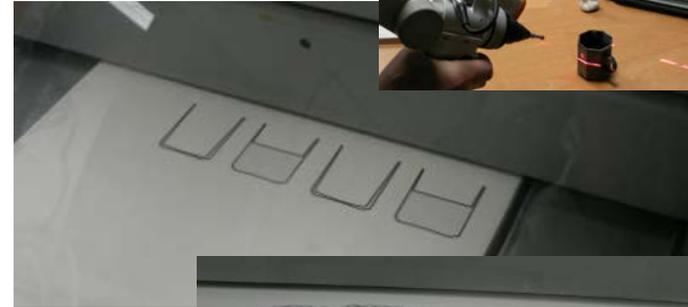
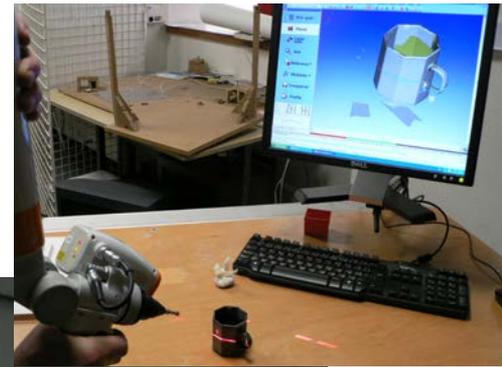
surface

## Opérations requises :

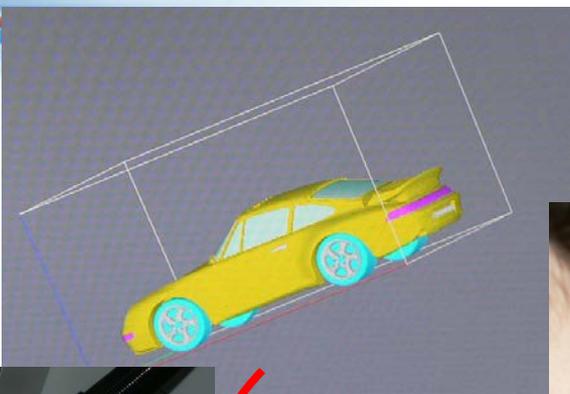
- Dépôt couches de « plâtre » et liant coloré « jet d'encre »
- D poudrage
- Imprégnation de colle

## Qualités :

- Précision (0,1mm)
- Détails fins (0,2mm)
- Pas de support
- Bonne résistance selon épaisseur
- Pièces colorées
- Etat de surface granuleux
- Pas de parois très minces (2 à 3mm)



<http://www.aip-primeca-ds.net/-GI-Nova-.html>



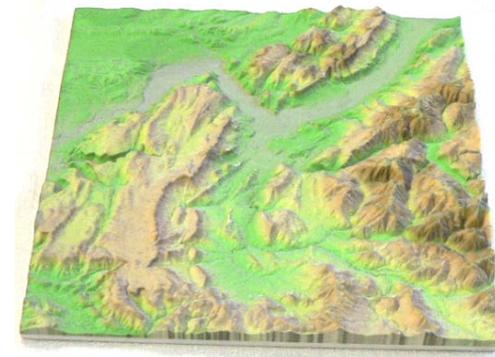
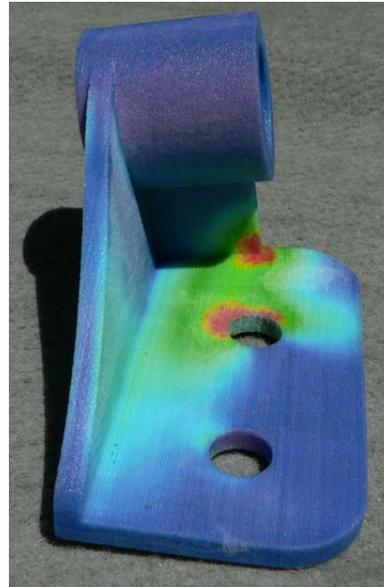
# Impression 3D



<http://www.aip-primeca-ds.net/-GI-Nova-.html>



# Impression 3D



<http://www.aip-primeca-ds.net/-GI-Nova-.html>

Informations véhiculées ?

→ géométrie + couleur (& légende!)

Plastique

Solide en plaque

Bois

découpe+collage

mécanique

contours

Métal

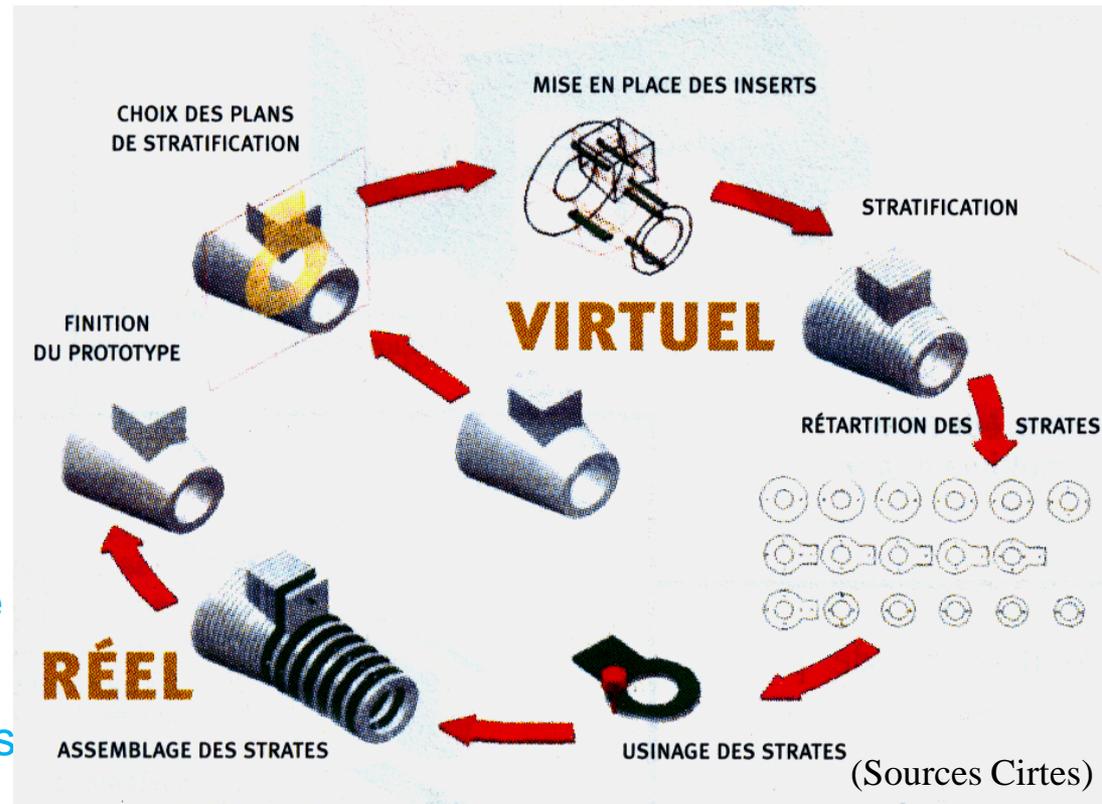
<http://www.stratoconception.com/>

## Opérations requises :

- Préparation strates et inserts
- Usinage des tranches
- Assemblage manuel
- Finition

## Qualités :

- Machine « standard »
- Précision (0,05 à 0,2mm)
- Détails limités par diam. fraise
- Matériaux «   volonté »
- Grandes dimensions possibles
- Technologie française
- Faible coût



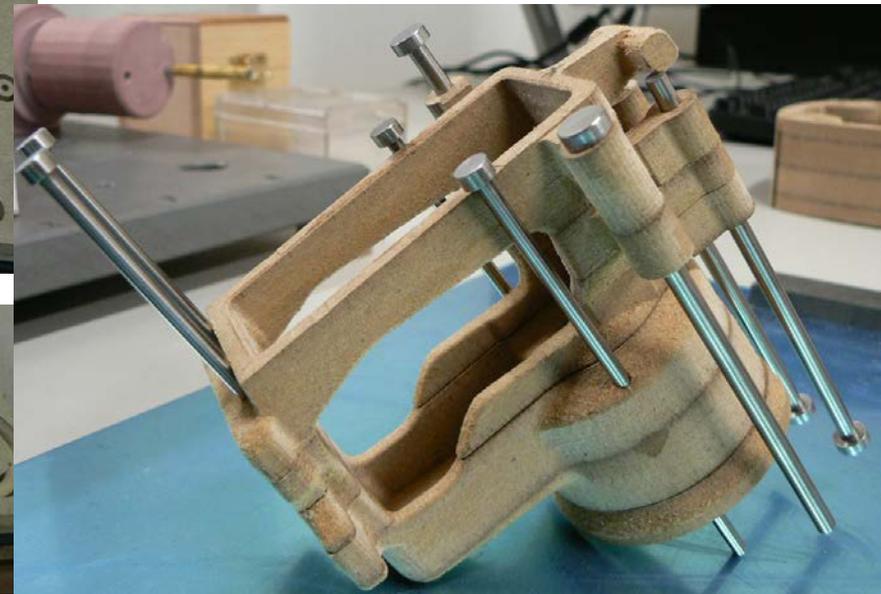
# Strato. : processus complet



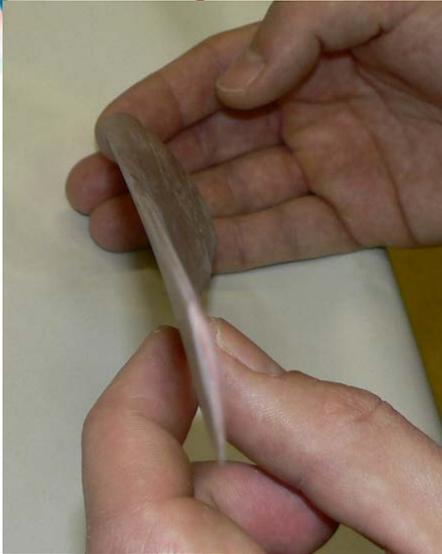
<http://www.aip-primeca-ds.net/-GI-Nova-.html>



P. Marin



# Strato. : exemples

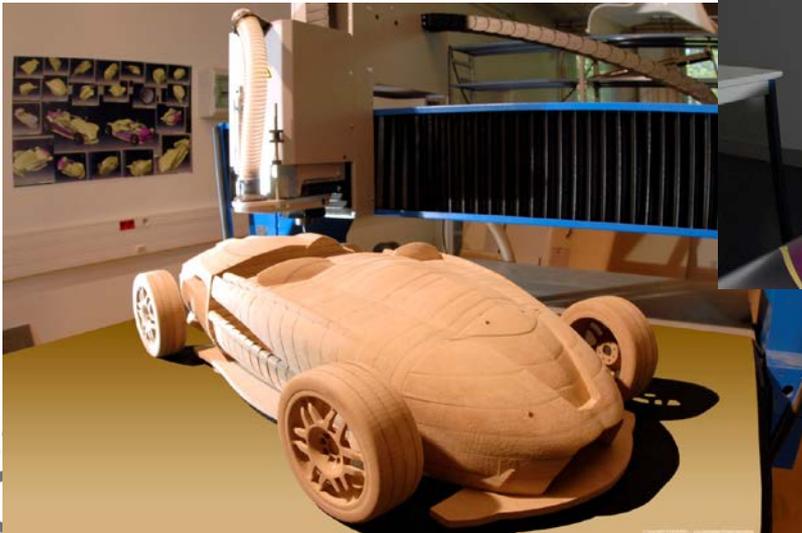


<http://www.aip-primeca-ds.net/-GI-Nova-.html>





# Strato. : grandes dimensions



<http://www.aip-primeca-ds.net/-GI-Nova-.html>

Liquide

Résine polymère

polymérisation

UV

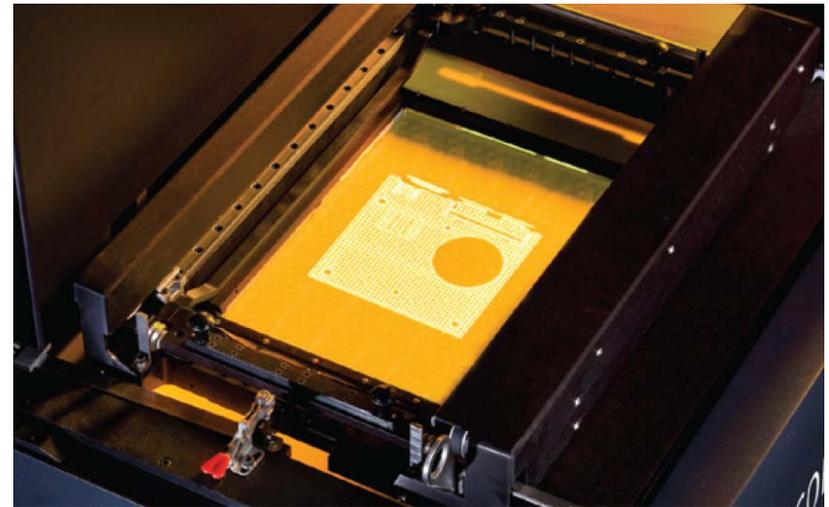
surface

## Opérations requises :

- Préparation des supports (logiciel)
- Flashage couche par couche
- Extraction des supports
- nettoyage

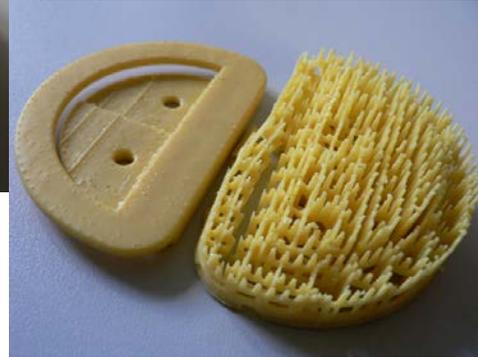
## Qualités :

- Très bonne finition
- Précision (0,2mm)
- Détails très fins (0,05mm)
- Parois minces (1mm)
- Bonne résilience... avant vieillissement
- Durcissement progressif à la lumière
- Moins bon côté supports

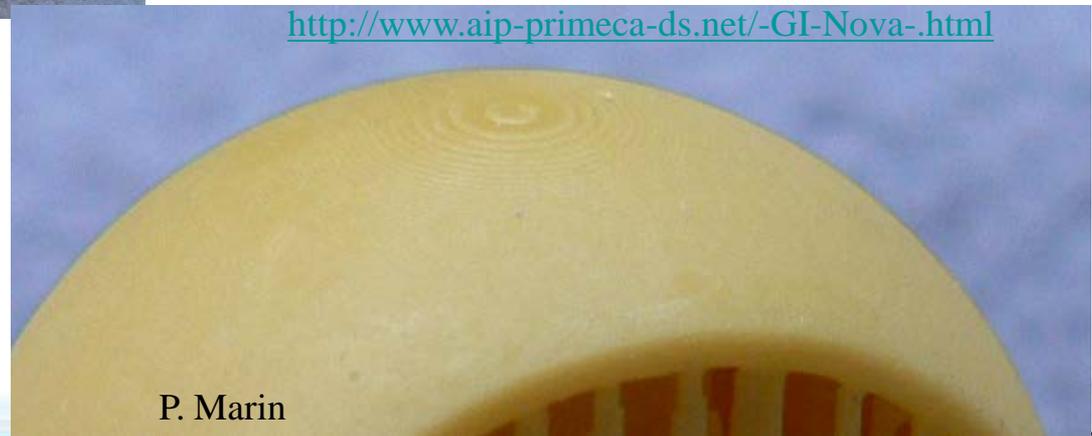
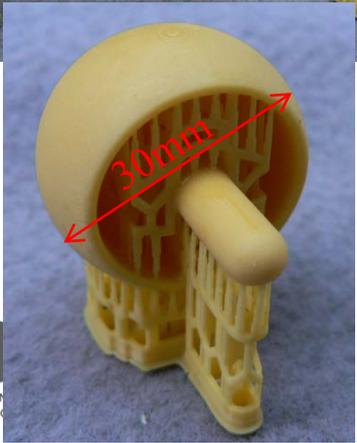


(Source : envisionTEC)

# Flashage UV



<http://www.aip-primeca-ds.net/-GI-Nova-.html>



P. Marin

# Electron Beam Melting : EBM

Poudre Métal fusion Faisceau d'électrons hachurage

## Opérations requises :

- Idem SLS
- Travail sous vide
- ~~Supports~~ → évacuation thermique

## Qualités :

- Matière TA6V
- Grande résistance



<http://www.arcam.com>



AIP-Priméca : Gi-NOVA

<http://www.aip-primeca-ds.net/-GI-Nova-.html>



<http://www.morristech.com>



Informations véhiculées ?

→ géométrie + résistance mécanique

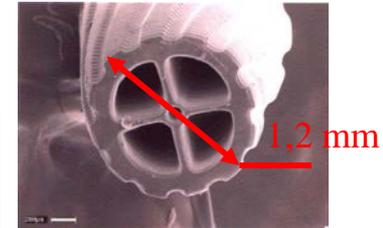
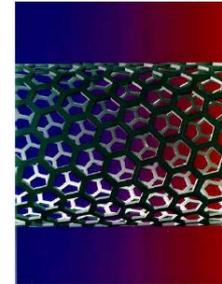
# Autres technologies... autres applications

- **LOM** (feuilles « papier », découpe laser)
- **Micro-stéréolithographie**
- **Micro-SLS**
- **CandyFab** (<http://wiki.candyfab.org>)
- **CLAD** (<http://www.youtube.com/watch?v=Y4PZntLcFEQ>)
- **Bio-impression**

(<http://etsinnovation.wordpress.com/2012/03/05/3d-bio-printing-imprimer-des-muscles-et-des-organes/>)

(<http://www.youtube.com/watch?v=vAi3fUIMdHk&feature=endscreen&NR=1>)

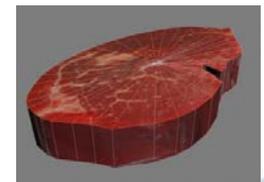
Stent



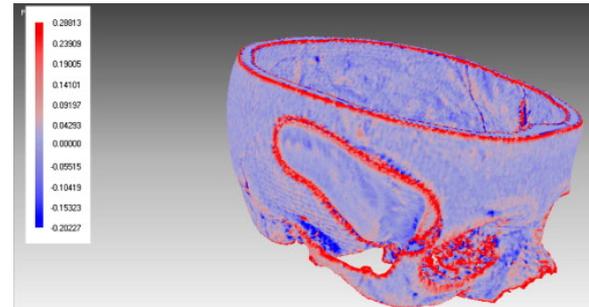
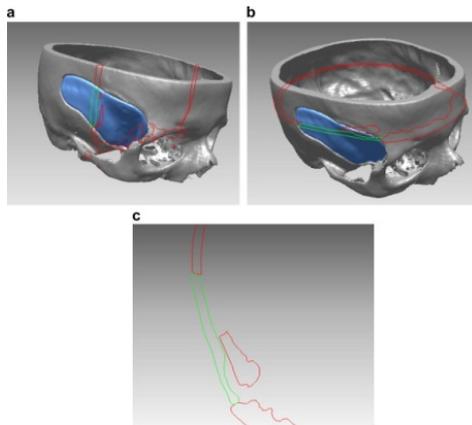
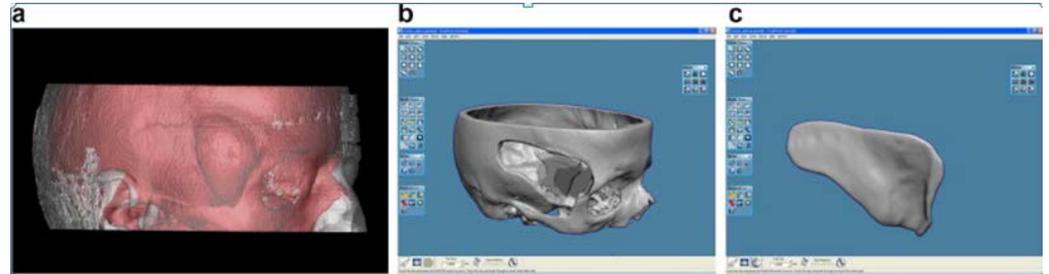
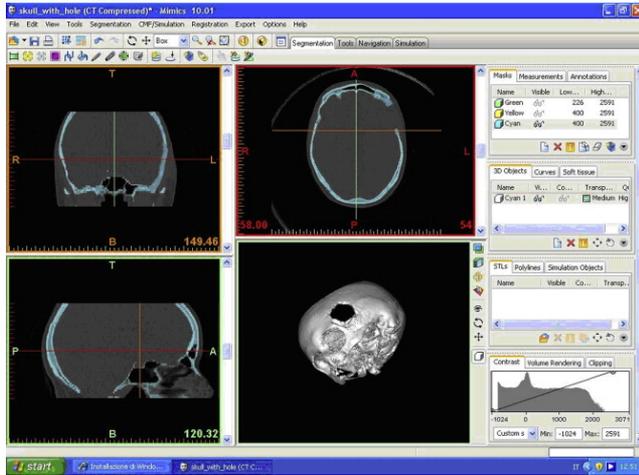
Micro-pignon  
de valve cardiaque



P. Marin



# De la matière à la matière par le numérique



A.Mazzoli et al., "Direct fabrication through Electron Beam Melting technology of custom cranial implants designed in a PHANToM-based haptic environment", *Materials & Design*, Vol. 30, Issue 8, Sept'09, pp3186–3192

# Merci de votre attention...

...et nous restons  
  votre écoute  
pour toutes questions  
complémentaires!

