



Colloque Matériaux

Développement de procédés
additifs pour des applications
en ingénierie tissulaire osseuse

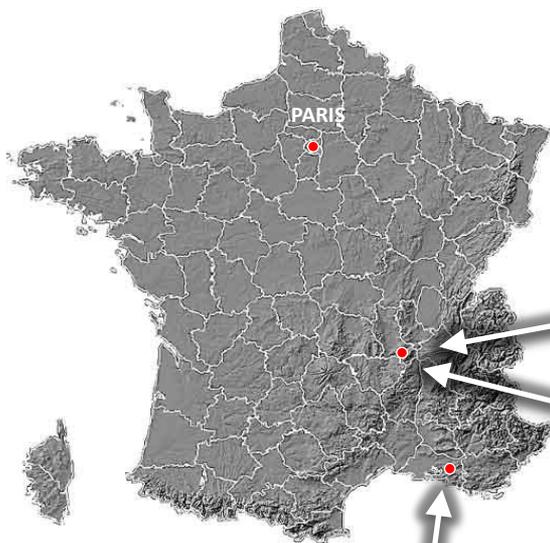


IMT

marchat@emse.fr

30.03.2016

EMSE / CIS (INSERM U1059)



SAINT-ETIENNE
Fondée en 1816



Site historique

GARDANNE - CMP
Inauguration 2003



Recherche en microelectroniques



« **Campus Innovations Santé** »
Hôpital, Faculté de médecine, Sociétés,
EMSE - CIS...

Inauguration 2015

Centre Ingénierie et Santé (CIS)

■ Organisation - Activités

23 permanents / 27 doctorants et post-doctorants

Ingénierie des structures de soin et des systèmes de santé (I4S)

Biomécanique tissus mous textiles médicaux implants (ST Bio)

Ingénierie des biomatériaux et des particules inhalées (BioPi)



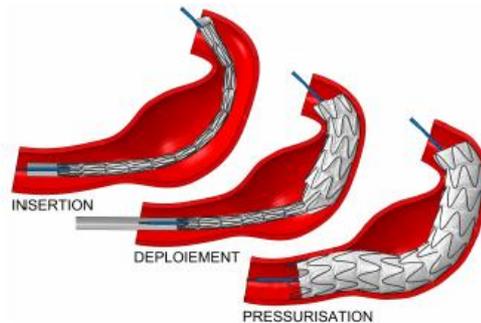
INSTITUT
Mines-Télécom



Inserm



Optimization of healthcare
production systems and services



Modeling the mechanical
behavior of soft tissues



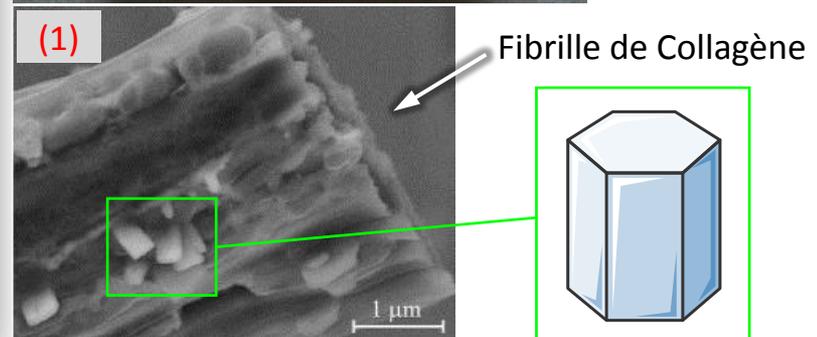
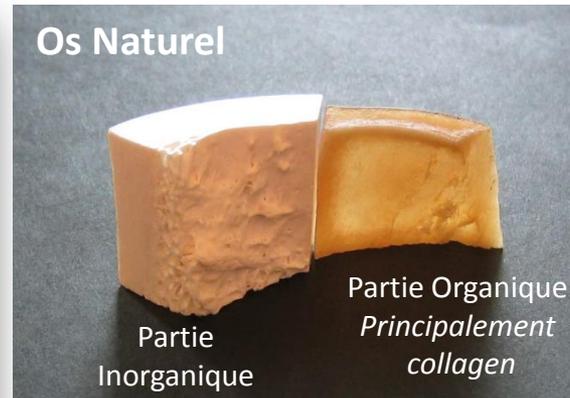
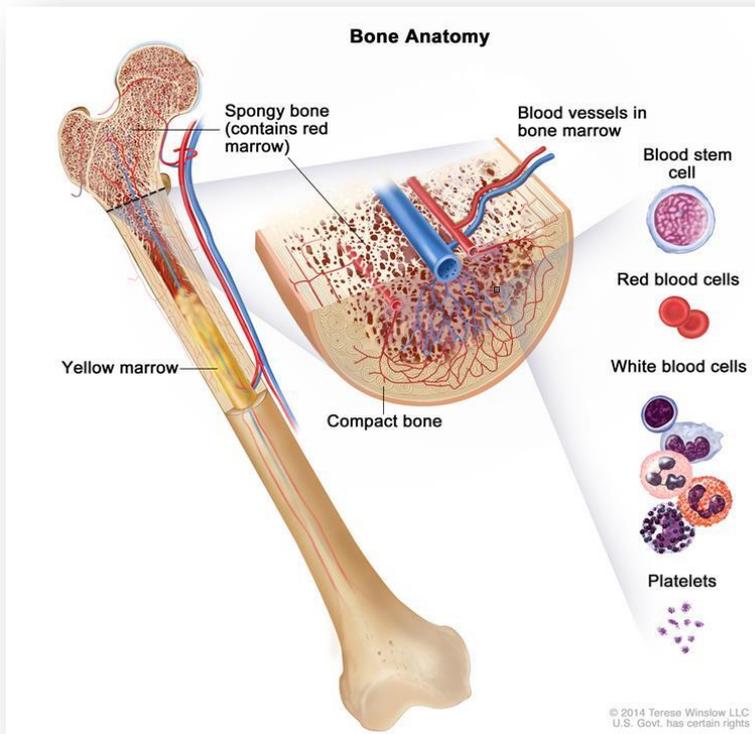
Health-environment
Bone Tissue Engineering



CIS | équipe BioPi

- Ingénierie Tissulaire Osseuse

Ingénierie Tissulaire Osseuse



Cristaux Apatite

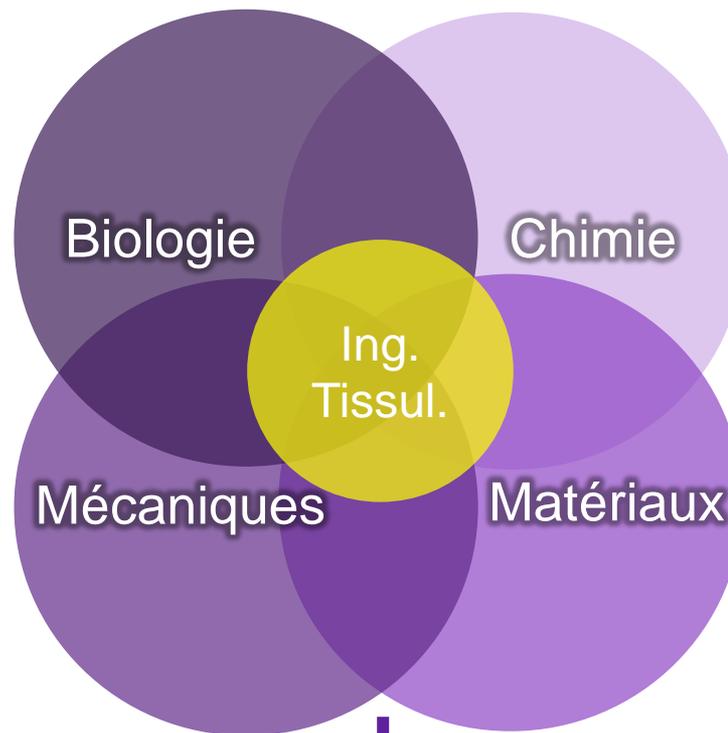


(1) Ehrlich H. et al, Journal of Membrane Science (2009), 326, p. 254-259

■ Ingénierie Tissulaire Osseuse

Spécialité Pluridisciplinaire⁽¹⁾ | But : fabriquer tissus vivants artificiellement

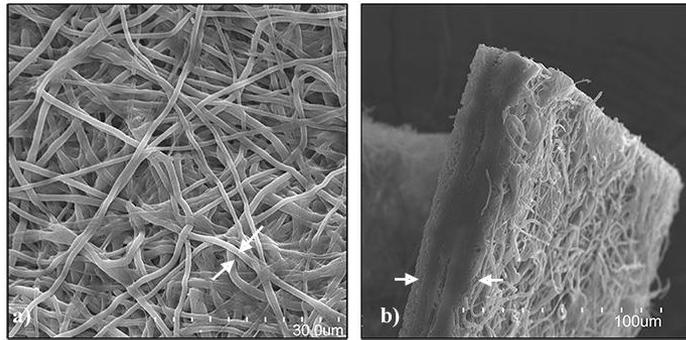
Philosophie de travail



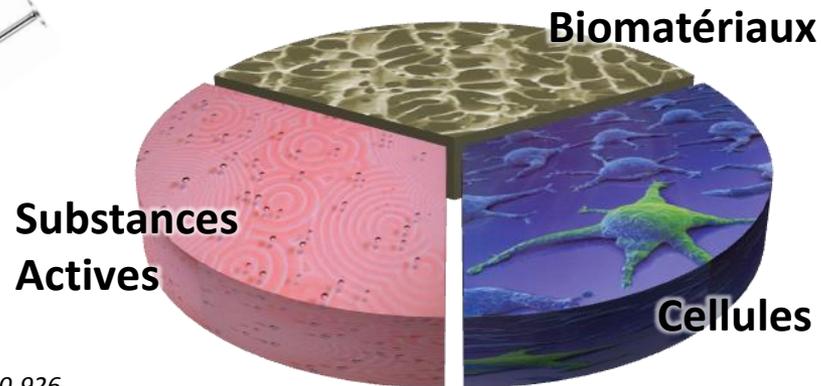
⁽¹⁾ Langer & Vacanti, *Science* (1993), 260 : 920-926

■ Ingénierie Tissulaire Osseuse

Composants de base⁽¹⁾



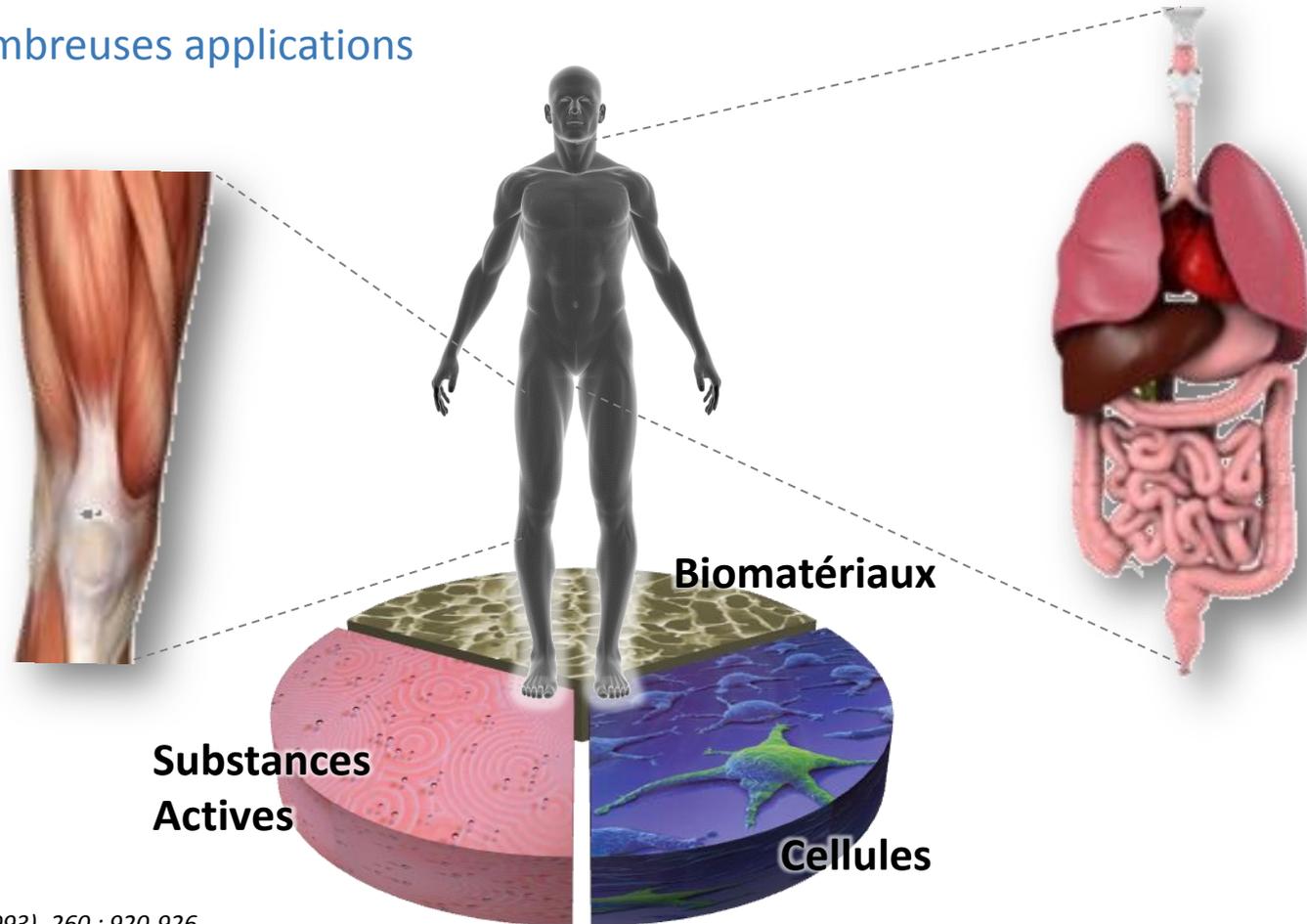
Matrice collagen type I



Ostéoblaste

⁽¹⁾ Langer & Vacanti, *Science* (1993), 260 : 920-926

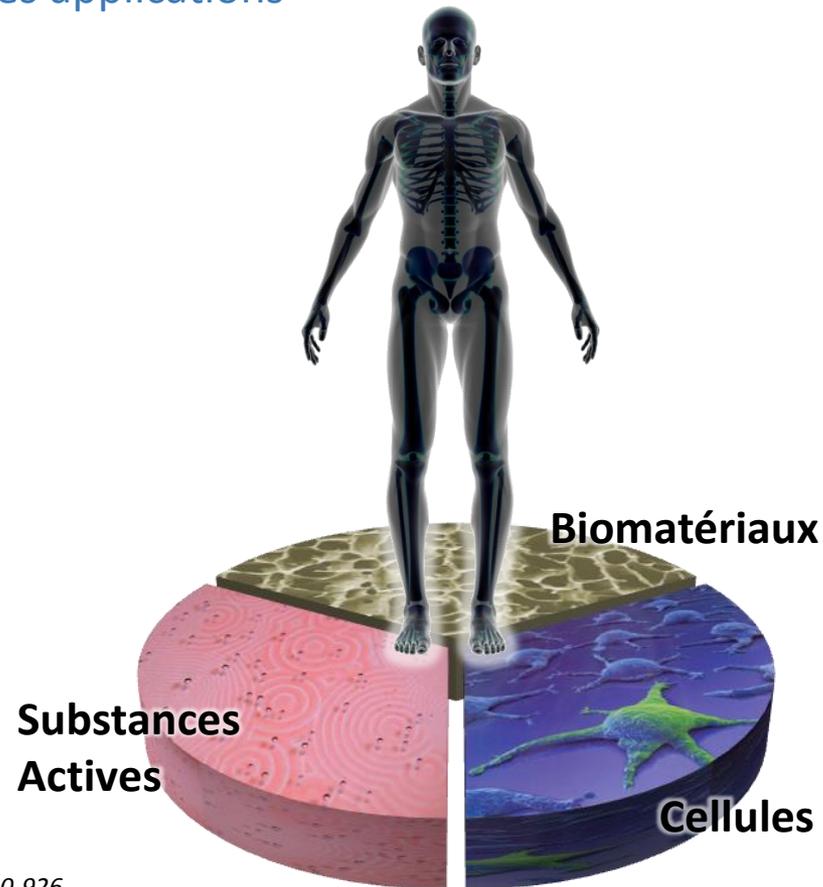
- Ingénierie Tissulaire Osseuse
De nombreuses applications



(1) Langer & Vacanti, Science (1993), 260 : 920-926

■ Ingénierie Tissulaire Osseuse (ITO)

De nombreuses applications



(1) Langer & Vacanti, Science (1993), 260 : 920-926

■ Ingénierie Tissulaire Osseuse (ITO)

Fabrication d'Implants

Production d'implants personnalisés pour aider la régénération osseuse

Alternative à la transplantation

(e.g. grands défauts osseux)



Biomatériaux

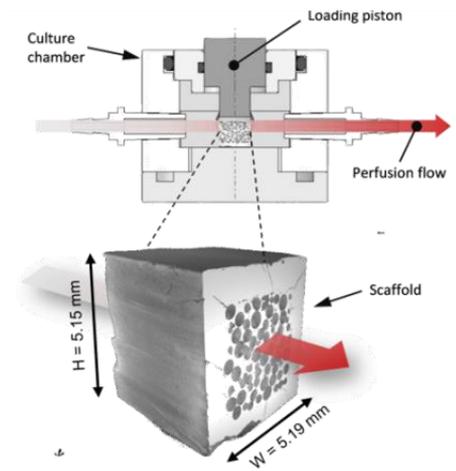
Substances Actives

Cellules

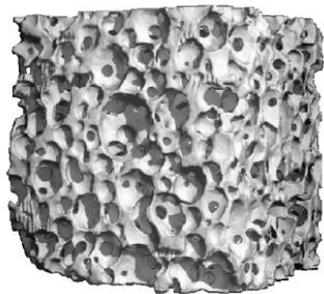
Fabrication de Tissus Modèles (1)

Création et culture de tissus osseux artificiels en bioréacteur pour comprendre la biologie de l'os

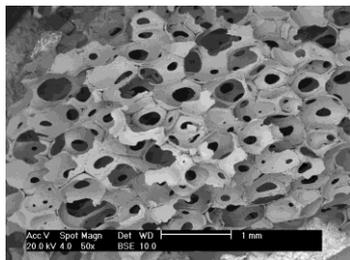
Alternative aux essais sur animaux



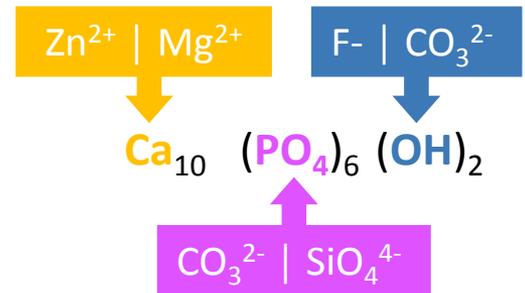
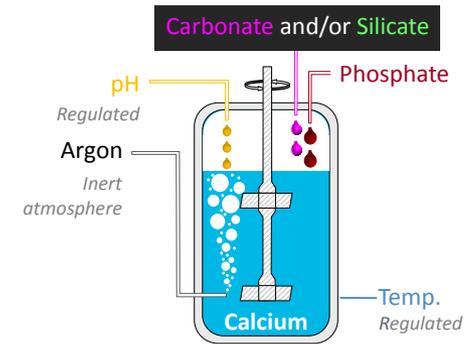
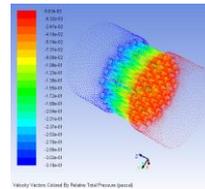
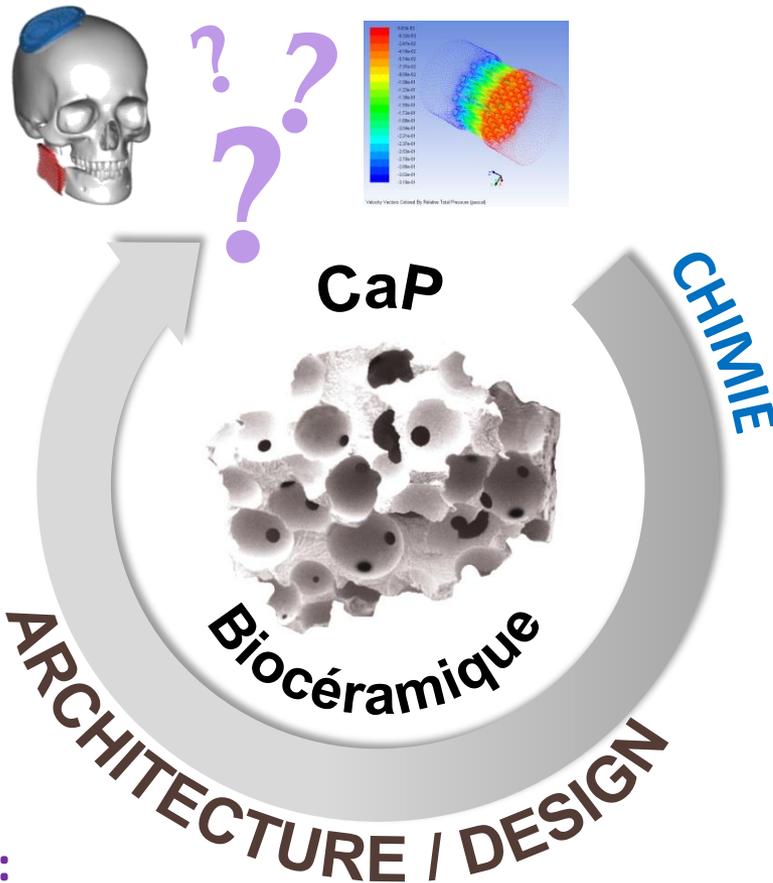
(1) Bouët et al., *Tissue Engineering*, 2015



« Foaming »



Imprégnation mousse



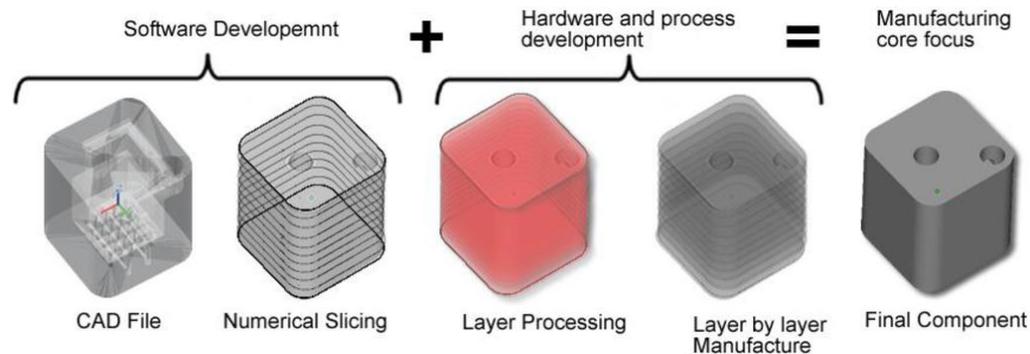
Substitutions pertinentes pour des applications biologiques

Procédés traditionnels:

- Limitation architecturale (e.g., forme, macropore)
- Inhomogénéité interne (e.g., macropore, interconnexion)
- Variation entre échantillon (e.g., distribution pore aléatoire)

Procédés additifs pour CaP

■ Fabrication additive - Principe



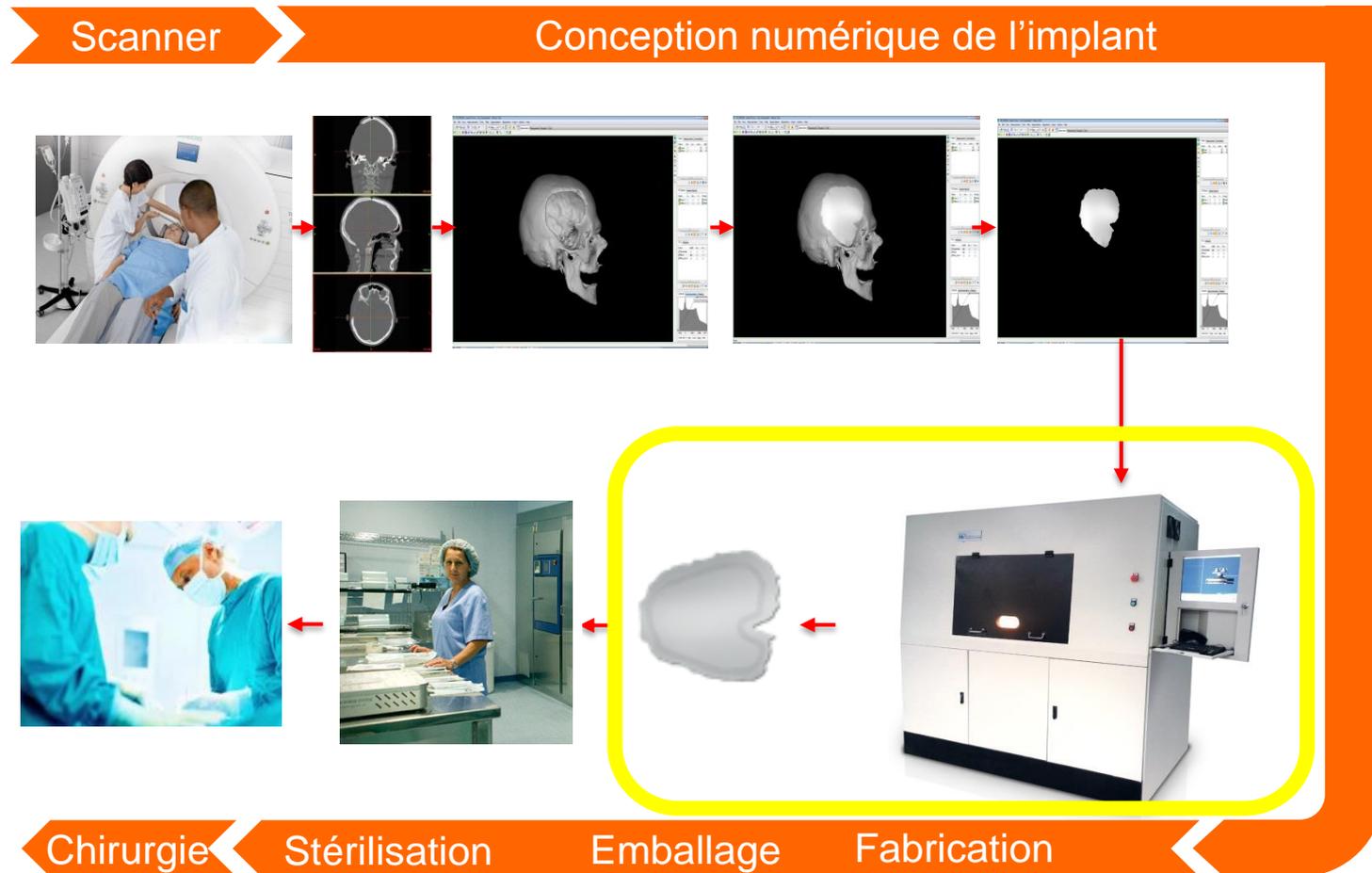
■ Spécifications – Applications biologiques

Biocéramiques ➔ architecture et composition (biocompatibilité) contrôlées

Procédé ➔ Précis et reproductible | Evite la décomposition du CaP (ou décomposition contrôlée) | Aucun résidus toxiques | Coût

Procédés additifs pour CaP - Osseomatrix

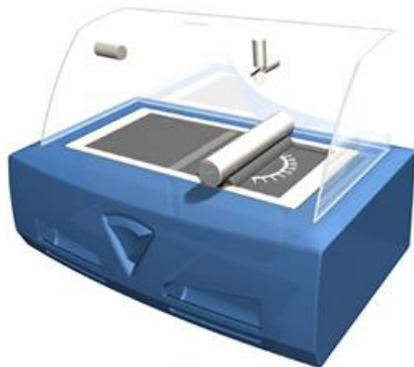
■ Chaîne de valeur



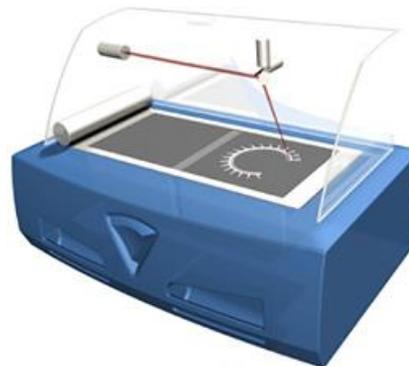
Procédés additifs pour CaP - Osseomatrix

■ Procédé SLM (Selective Laser Melting)

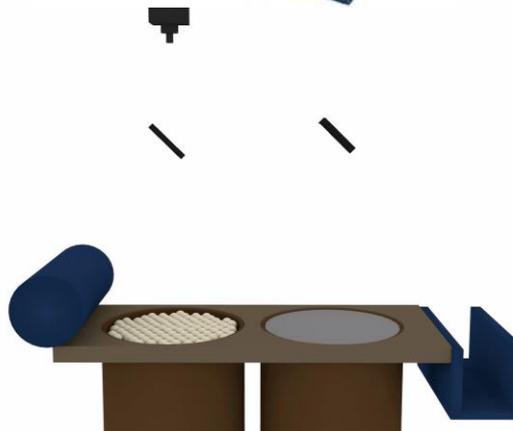
Mise en place de la couche de poudre



Fusion laser sélective

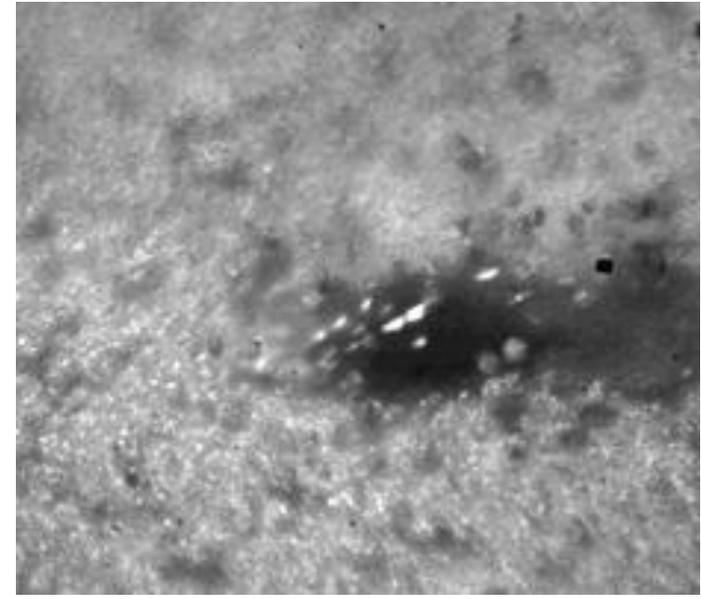
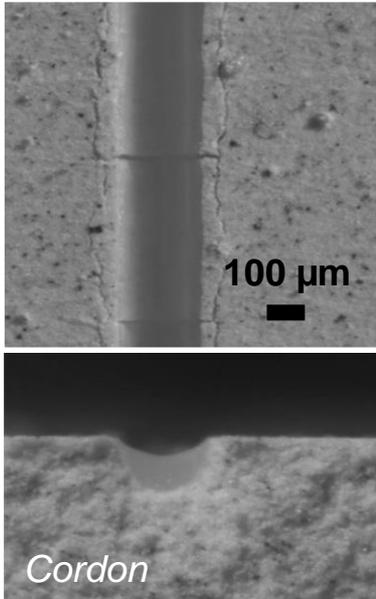


Fin du procédé



Procédés additifs pour CaP - Osseomatrix

- Procédé de fabrication poudre – Avec composé absorbant laser



Brevet Européen
EP13161880

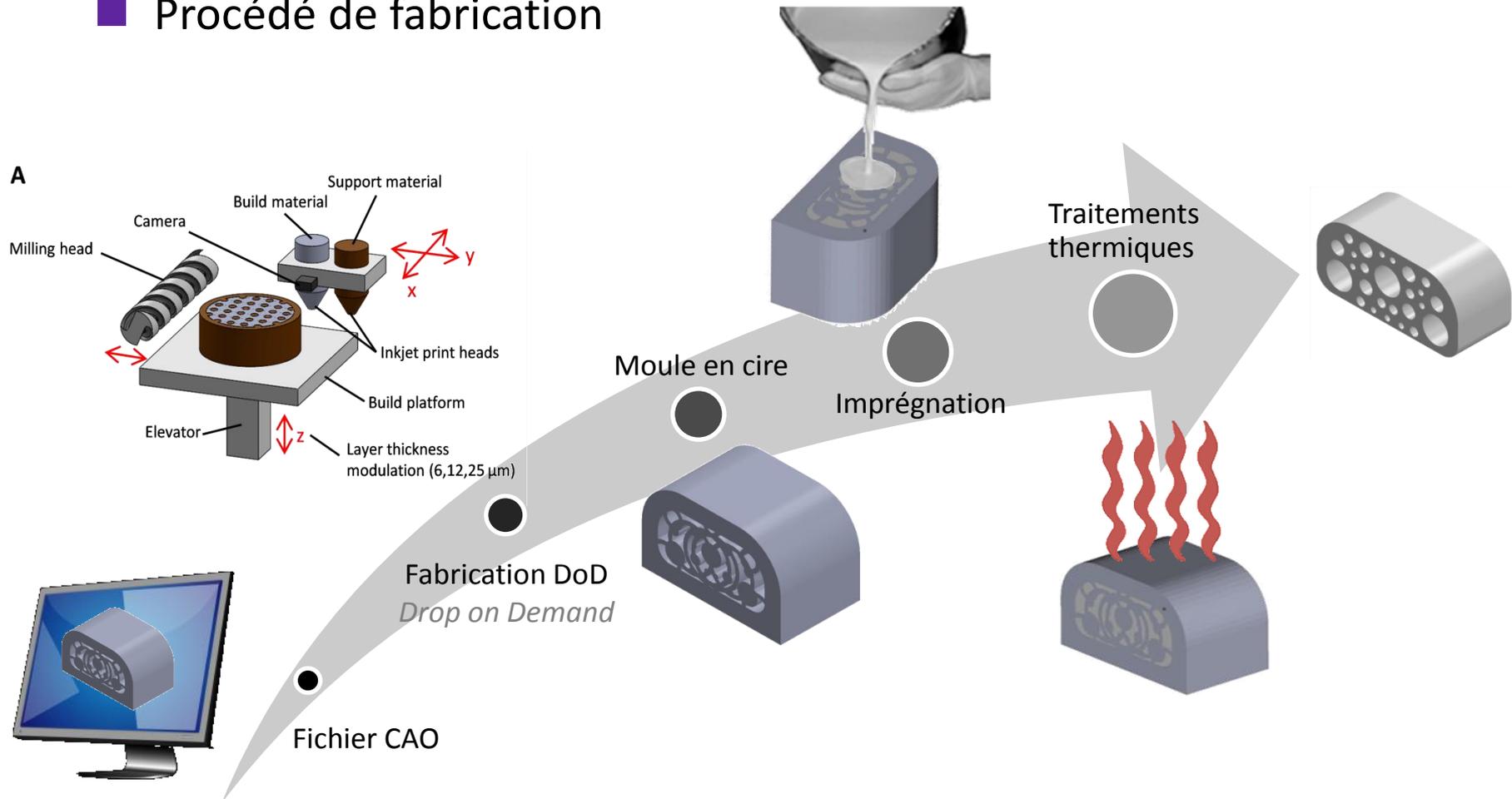


Procédés additifs pour CaP - CIS



B. CHARBONNIER

■ Procédé de fabrication



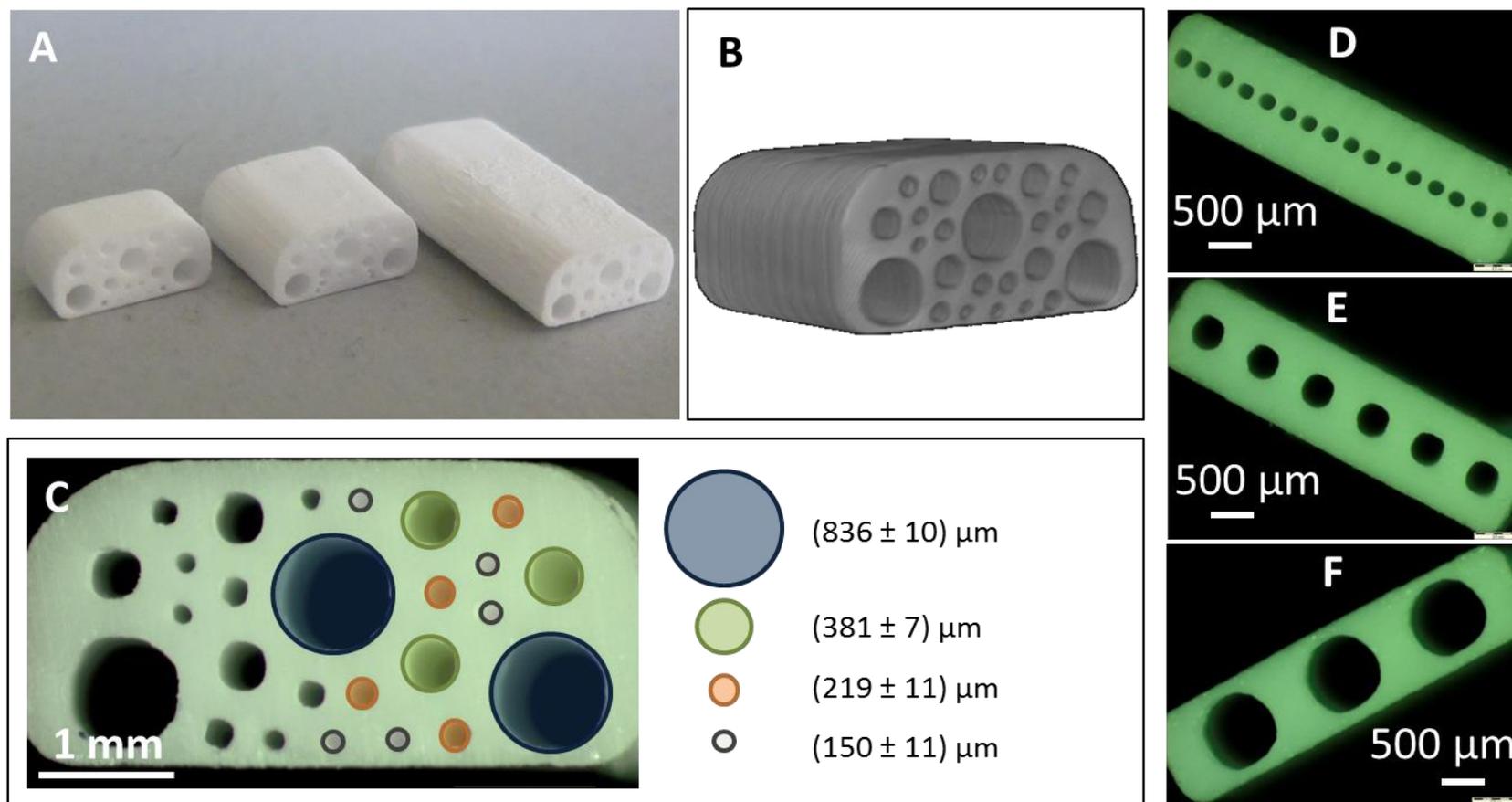
Charbonnier et al. | *Acta Biomaterialia* | *J ECS* | (Submitted) 2016



B. CHARBONNIER

Procédés additifs pour CaP - CIS

■ Influence du \varnothing des macropores sur la vascularisation de l'implant

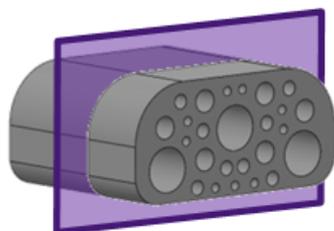




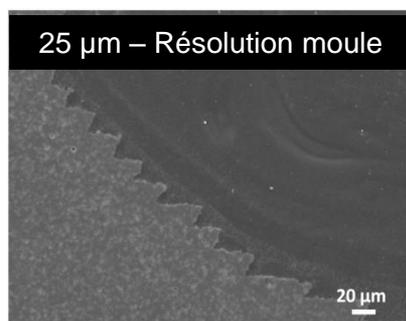
B. CHARBONNIER

Procédés additifs pour CaP - CIS

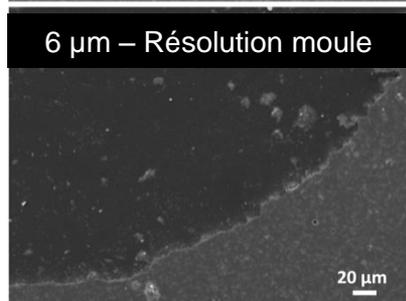
- Influence du \emptyset des macropores sur la vascularisation de l'implant



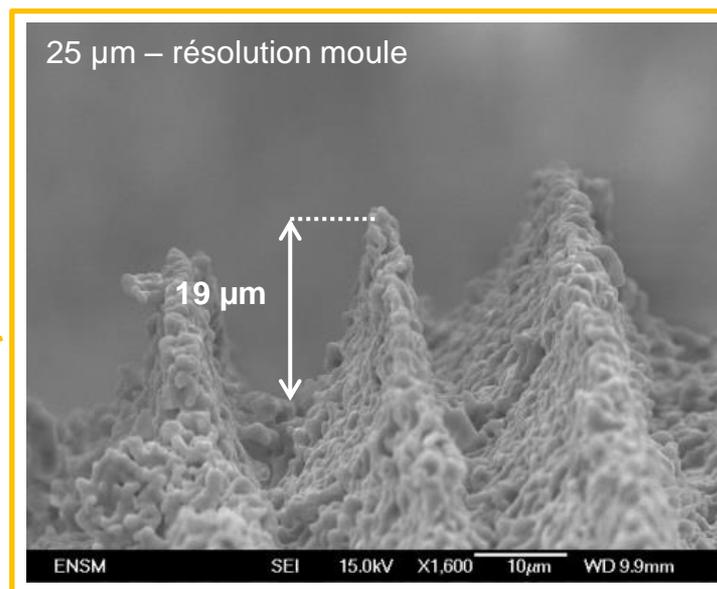
Slide \perp channels



25 μm – Résolution moule



6 μm – Résolution moule



25 μm – résolution moule

19 μm

Résolution moule: 25 μm

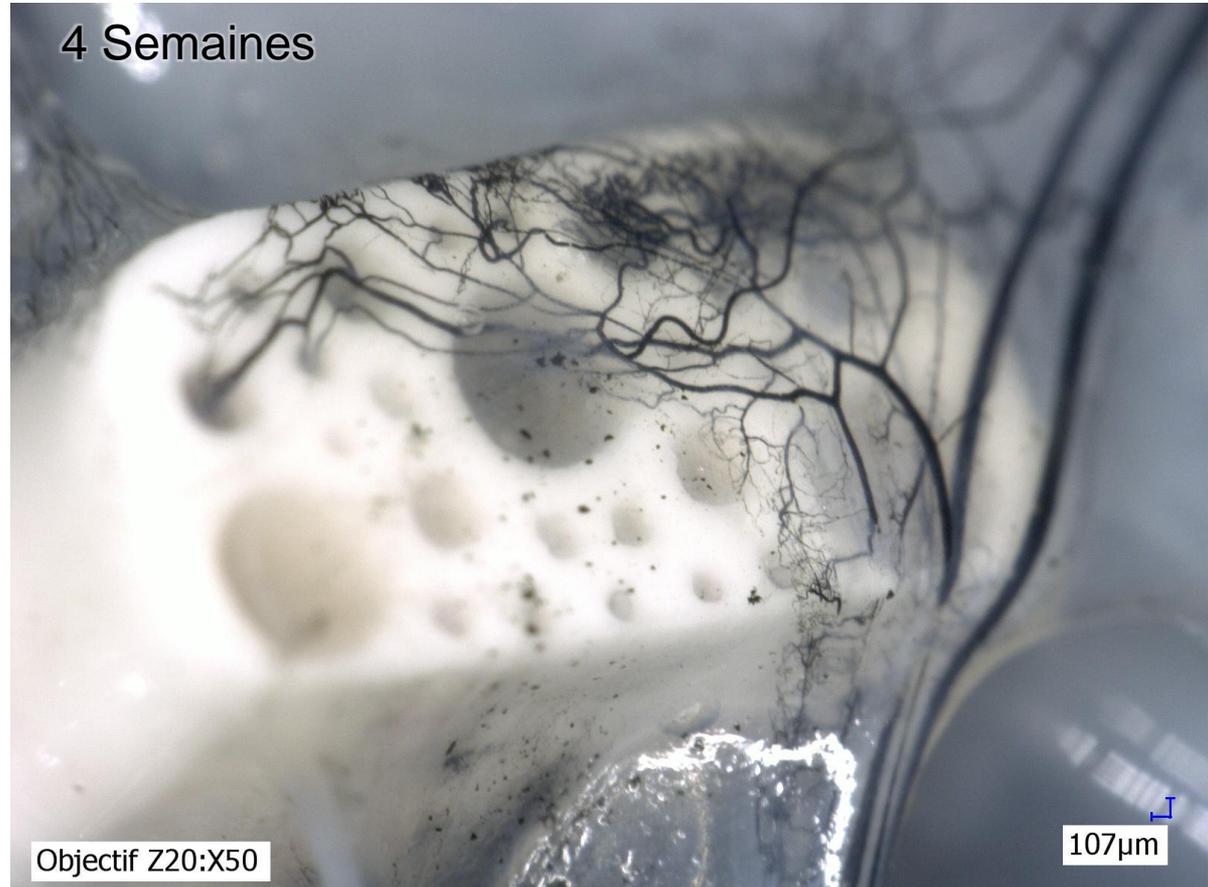
Céramique : $H_{\text{cusp}} = 19.8 \pm 3.0 \mu\text{m}$ | $L_{\text{cusp}} = 20.7 \pm 1.9 \mu\text{m}$

Résolution moule: 6 μm

Céramique : $H_{\text{cusp}} = L_{\text{cusp}} = 5.0 \pm 3.0 \mu\text{m}$

Procédés additifs pour CaP - CIS

- Influence du \emptyset des macropores sur la vascularisation de l'implant





B. CHARBONNIER

Procédés additifs pour CaP - CIS

- Influence composition et architecture biocéramiques en CaP sur la régénération osseuse – Grand Défaut osseux de taille critique

