

UEL 340

Des biomatériaux à l'ingénierie tissulaire : défis actuels

2024-2025

<https://ecampus.paris-saclay.fr/course/view.php?id=159936>

UEL 340 : Des biomatériaux à l'ingénierie tissulaire : défis actuels

- Responsables de l'UEL : **F. Agnely**, Professeure à l'IGPS
C. Aymes-Chodur, maître de conférences à l'ICMMO
- Référente / scolarité : **Céline Cenarbieux** (3^{ème} année)

UEL version 2 : 21 étudiants motivés



- 15 h de cours
 - 3 h de TP
 - 6h de travail de groupe
 - 13 intervenants dont deux hors Paris-Saclay
- } • Diversité
• Interactivité avec les intervenants
• Ouverture sur les métiers
- **Evaluation** : 10 points CC + 20 points examen écrit (1h)

Date	Salle	Horaire	Intitulé de l'enseignement	Intervenant
26-sept	Salle 2602	14h-15h	Présentation de l'UE et Introduction aux biomatériaux	Caroline Aymes-Chodur
		15h-16h	Analyses de surface des biomatériaux	Caroline Aymes-Chodur
		16h15-17h15	Analyses de surface des biomatériaux	Jean-Philippe Michel
03-oct	Salle 2501	14h-15h	Polymères et gels	Florence Agnely
		15h-16h	Caractérisations rhéologiques	Nicolas Huang
		16h15-17h15	Impression 3 D	Ghozlene Mekhloufi
10-oct	Salle 1508	14h-15h	Biocompatibilité	Juliette Vergnaud
		15h15-16h45	Thérapie cellulaire et exosomes	Sameh Obeid
17-oct	Salle 0602	14h-15h30	Thérapie cellulaire et exosomes	Sameh Obeid
24-oct	Salle 0603	14h-15h30	Ingénierie tissulaire	Pascale Dupuis William
		15h30-16h45	Travail de groupe sur des articles scientifiques	Jean-Philippe Michel, Caroline Aymes-Chodur, Tristan Giraud
		17h-18h	Aspects éthiques	Karine Demuth-Labouze
07-nov	IGPS HM1 2ème	14h-17h30	Démonstrations à l'IGPS (rhéologie, propriétés mécaniques, impression 3D), expérience personnelle d'une doctorante	Ghozlene Mekhloufi, Nicolas Huang, Florence Agnely, Charlotte Neel
14-nov	Salle 1508	14h-15h	Start-up dans le domaine de l'ingénierie tissulaire (Siltiss)	Didier Letourneur
		15h15-16h30	Travail de groupe sur des articles scientifiques	Jean-Philippe Michel, Caroline Aymes-Chodur, Tristan Giraud
21-nov	Salle 1400	14h-15h	Réglementation	Elodie Bousquet
		15h15-16h15	TD préparation à l'examen	Florence Agnely, Caroline Aymes-Chodur, Juliette Vergnaud
28-nov	Salle 1405	14h-16h	Soutenances	Jean-Philippe Michel, Florence Agnely, Caroline Aymes-Chodur, Tristan Giraud
12 dec	Salle 0400	14h-15h	Examen écrit	

Caroline Aymes-Chodur
MCU à l' Université Paris-Saclay



caroline.aymes-chodur@universite-paris-saclay.fr

01 69 15 32 02

INTRODUCTION aux BIOMATERIAUX

Les BIOMATÉRIAUX, une notion largement utilisée !

- Williams (1987) :

« Un **biomatériau** est un matériau non viable utilisé dans un dispositif médical, destiné pour agir réciproquement avec des systèmes biologiques »¹

- European Society for Biomaterials (Conférence de Chester 1991) :

« Un matériau conçu pour interagir avec les systèmes biologiques, qu'il participe à la constitution d'un dispositif à visée **diagnostique** ou à celle d'un **substitut** de tissu ou d'organe ou encore à celle d'un dispositif de **suppléance** (ou d'assistance) fonctionnelle»²

¹ Ratner, BD et al. *Biomaterials Science 4th Edition*. Elsevier academic press. 2020. p. 3-19 - ISBN 9780128161371, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816137-1.00001-5>.

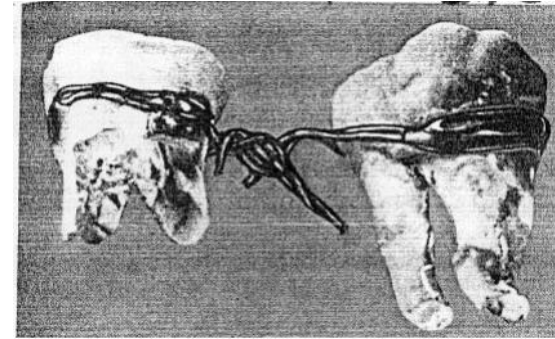
² Williams DF "Definitions in Biomaterials", *Second Consensus Meeting, Eur. Soc. Biomat., Chester, UK, September 1991, Ed Elsevier.*

Les Biomatériaux, une notion largement utilisée !

Même depuis l'antiquité



Trépanation crânienne
obturée par une plaque en or
(Incas, 400 ans avant JC)



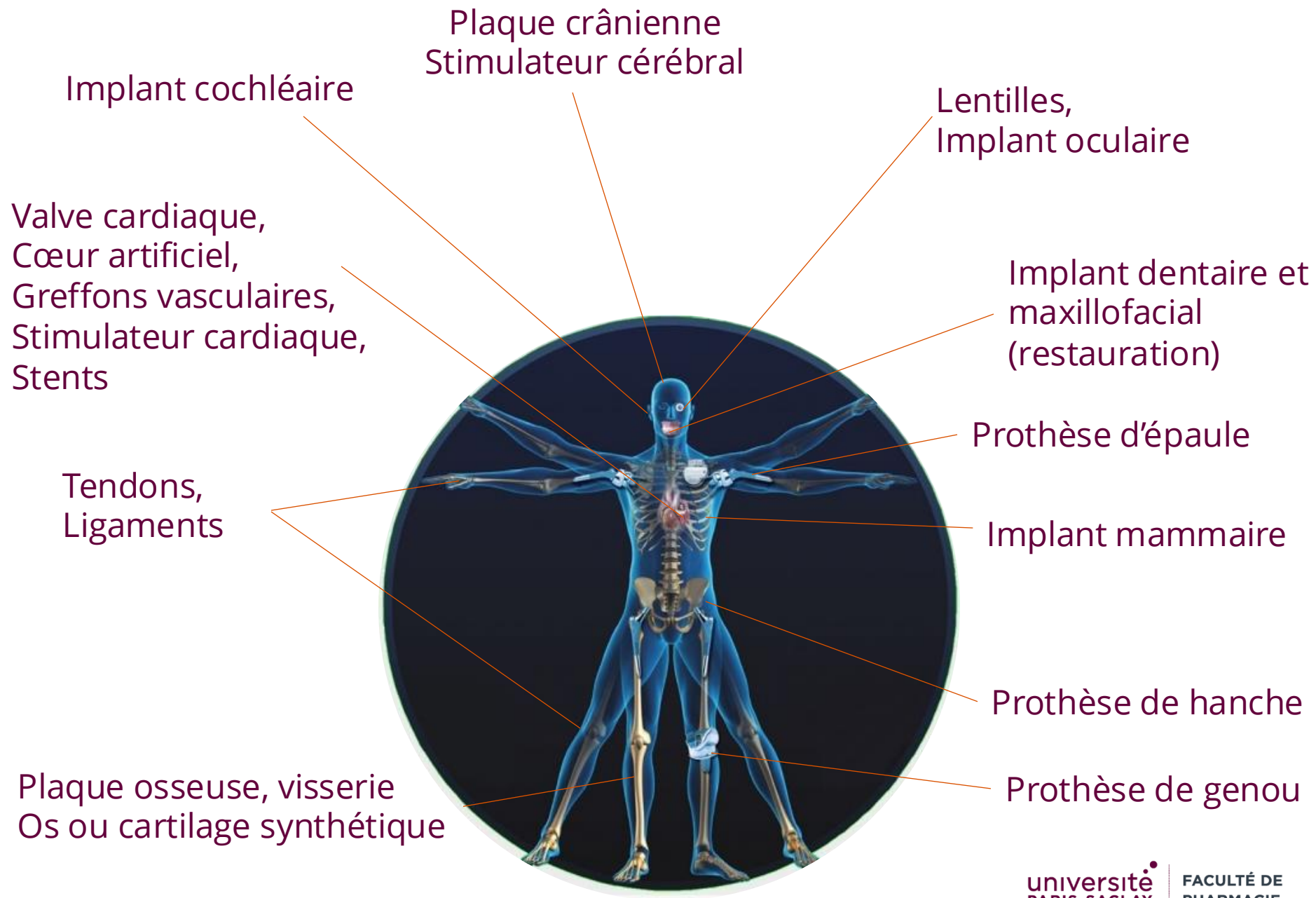
Découverte de Junker, 1929
(Vallée du Nil, 2000 ans avant JC)



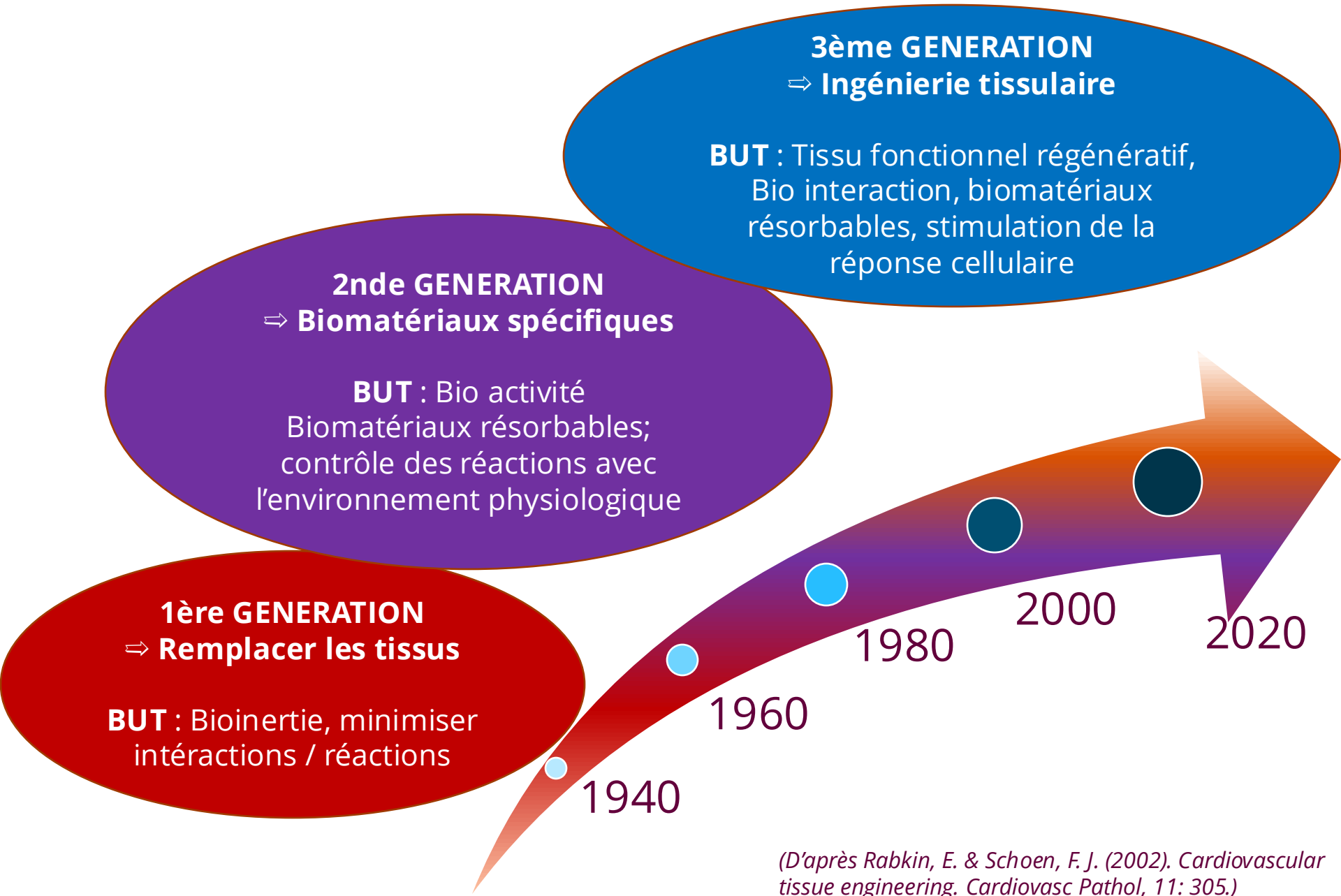
Les Biomatériaux, un ensemble très vaste de matériaux :



Où allons-nous les trouver ?

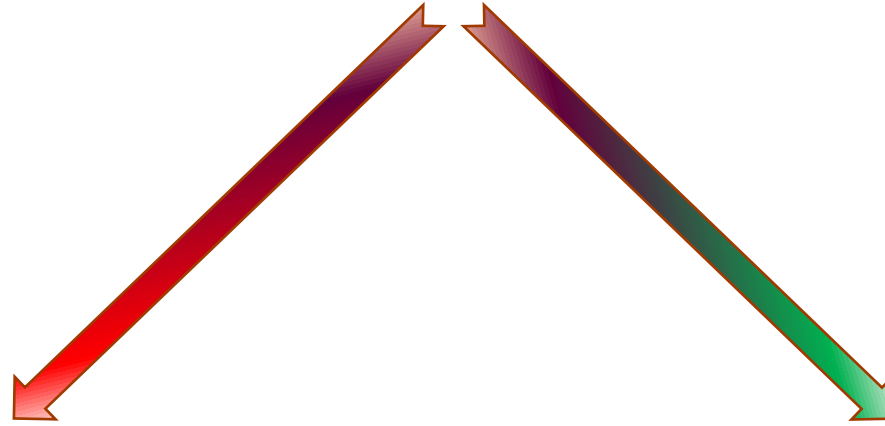


EVOLUTION de la Science et des technologies des BIOMATERIAUX



(D'après Rabkin, E. & Schoen, F. J. (2002). Cardiovascular tissue engineering. Cardiovasc Pathol, 11: 305.)

De quoi sont faits les Biomatériaux ?



MATERIAUX SYNTHETIQUES

METAUX

POLYMERES
SYNTHETIQUES

COMPOSITES

CERAMIQUES,
VERRES
INORGANIQUES

MATERIAUX D'ORIGINE NATURELLE

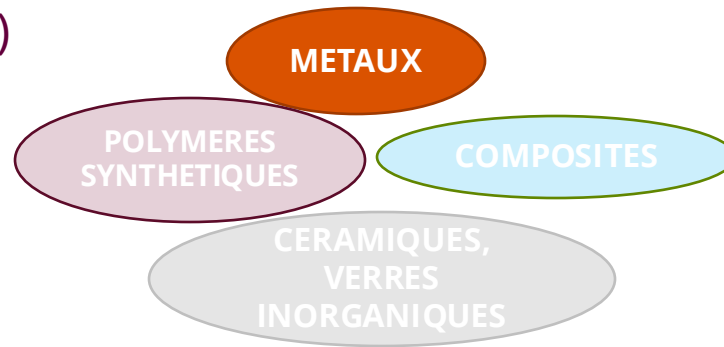
POLYMERES
BIOSOURCES

PROTEINES

POLYSACCHARIDES

MATERIAUX SYNTHETIQUES

- Acier inoxydable
- Titane
- Alliages (Co-Cr, Al, W)
- Zirconium-Niobium



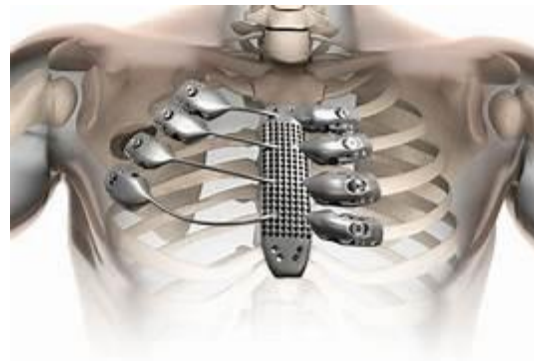
- Grande résistance
- Inertie biologique
- Corrosion limitée



Prothèse de hanche



Implant dentaire

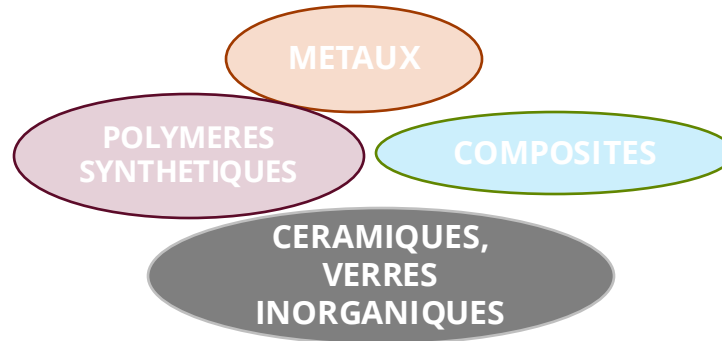


Sternum 3D et cage thoracique



Stent cardiovasculaire

MATERIAUX SYNTHETIQUES



- Biocompatible
- Forte résistance à la flexion
- Bonne ostéointégration

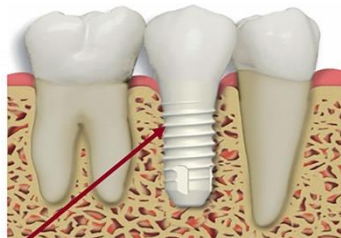
Céramiques bioinertes

Oxydes

Alumine (Al_2O_3), Zirconone (ZrO_2), Titane (TiO_2)

Non-Oxydes

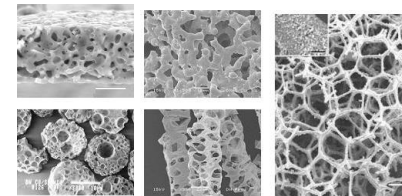
Carbone, Nitrure de Zirconium (ZrN), Nitrure de Titane (TiN)



Zirconia (Metal-Free) Implants

Céramiques bioactives et biodégradables

Phosphate de Calcium, Hydroxyapatite



Bioverre®
 $\text{Na}_2\text{-CaO-SiO}_2\text{-P}_2\text{O}_5$

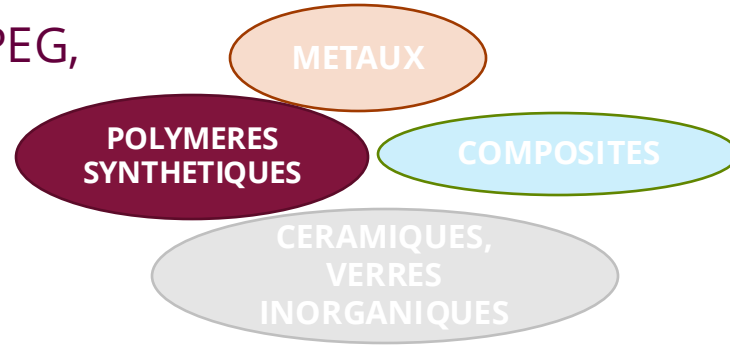


Hydrogels

Réseaux 3D de polymères hydrophiles : PHEMA, PVA, PEG, PLA-PGA



MATERIAUX SYNTHETIQUES



Cours F. Agnely

Polymères non biodégradables

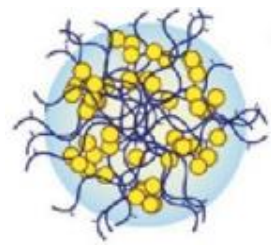
PE, PMMA, PVDF, PTFE, PET, PDMS, PSU, PUR

Polymères biodégradables

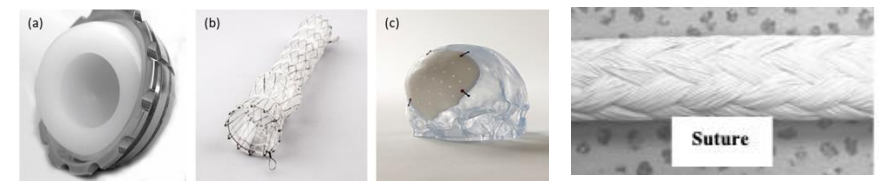
PLA, PGA, PCL, PHB



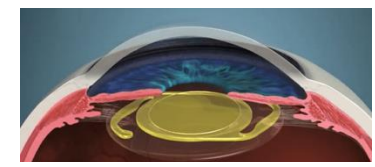
Sutures



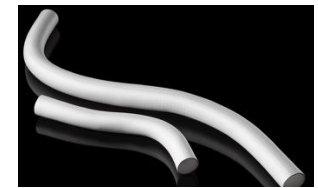
Systèmes d'administration de médicaments



Cupule Stent oesophagial Reconstruction crânofaciale

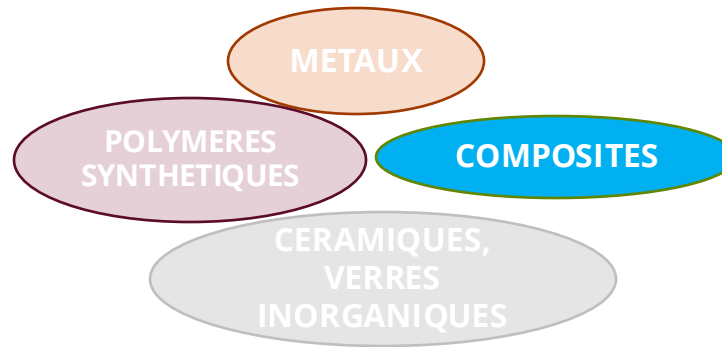


Implant intra-oculaire



Greffon vasculaire

MATERIAUX SYNTHETIQUES



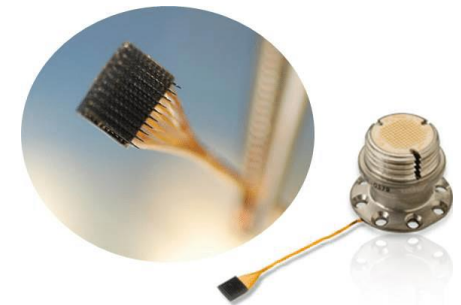
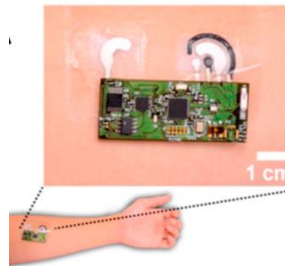
IL s'agit de combiner au moins 2 biomatériaux dont les proportions peuvent varier en fonction des propriétés recherchées



Valves mécaniques cardiaques

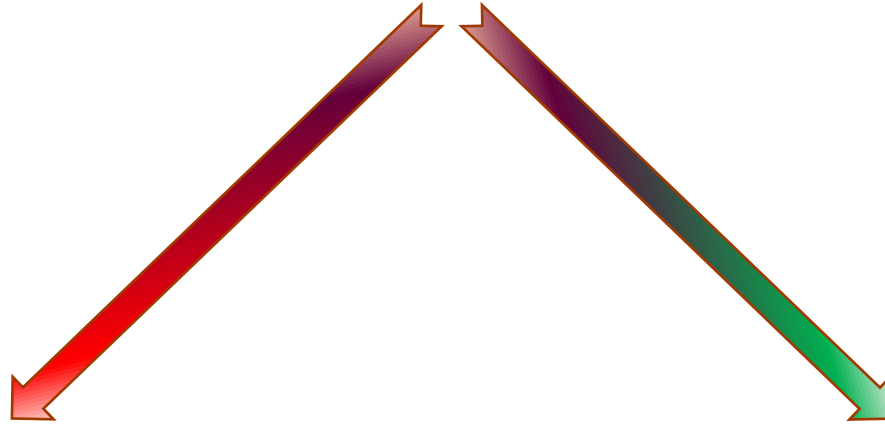


Electrodes implantables



Biocapteurs

De quoi sont faits les Biomatériaux ?



MATERIAUX SYNTHETIQUES

METAUX

POLYMERES
SYNTHETIQUES

COMPOSITES

CERAMIQUES,
VERRES
INORGANIQUES

MATERIAUX D'ORIGINE NATURELLE

POLYMERES
BIOSOURCES

PROTEINES

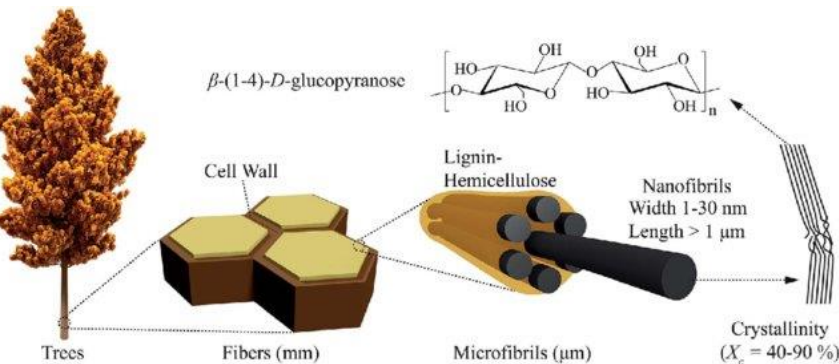
POLYSACCHARIDES

MATERIAUX D'ORIGINE NATURELLE

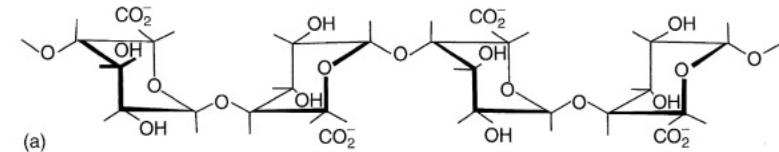
POLYSACCHARIDES

- Cellulose (coton, laine)
- Amylose
- Dextrane
- Chitine
- Chitosan
- Alginates

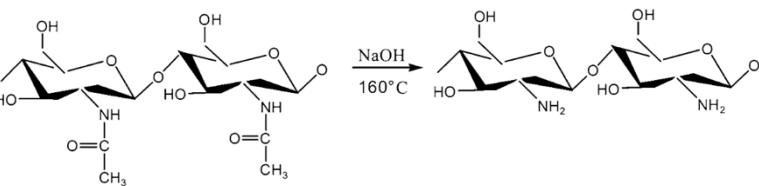
- Cicatrisation des plaies
- Peau artificielle
- Cartilage articulaire
- Echafaudages (scaffolds) en ingénierie tissulaire



Cellulose



Alginates



crustaceans



insects



molluscs



fungi

Chitine Chitosan

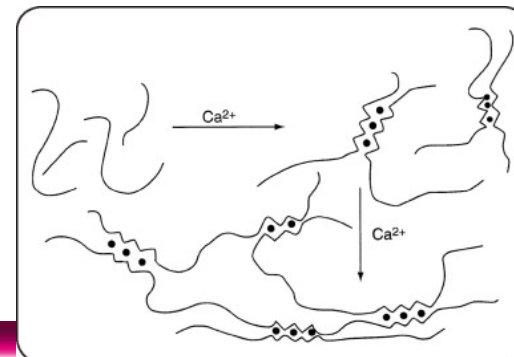
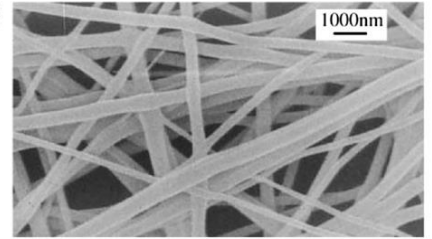


Schéma de la réticulation des alginates en présence de contre ions du calcium (•)

MATERIAUX D'ORIGINE NATURELLE

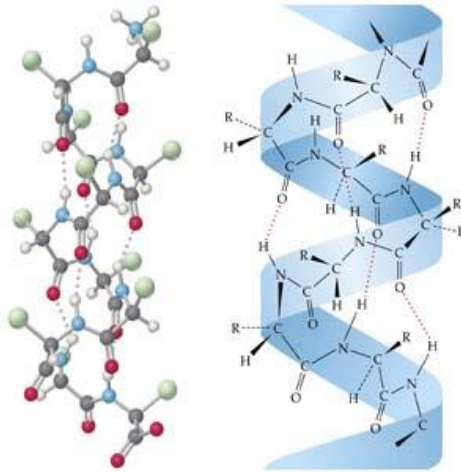
PROTEINES

- Régénération tissulaire
- Scaffolds pour l'adhésion cellulaire
- Régénération osseuse
- Drug delivery
- Ingénierie des tissus vasculaires



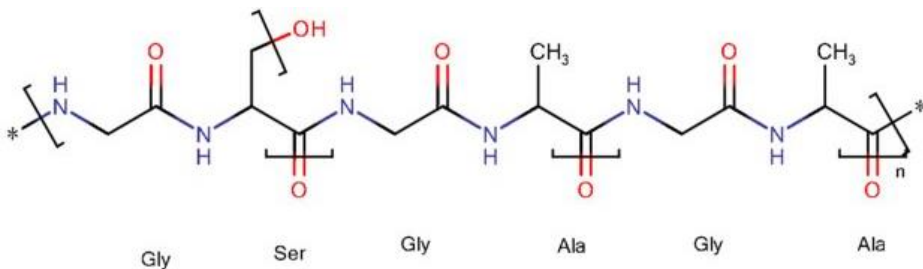
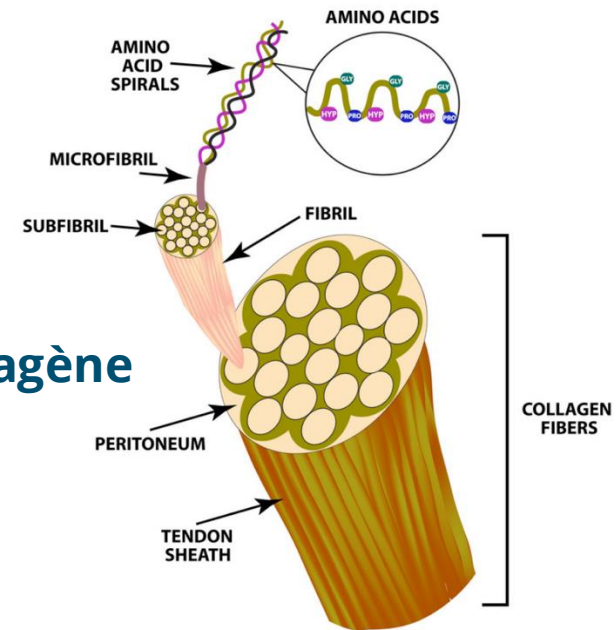
Nanofibres

- Soie
- Collagène
- Kératine
- Fibrinogène,
- Elastine



Kératine

Collagène



Soie

POURQUOI sont utilisés les Biomatériaux ?

REPARER et REGENERER le corps humain

- Cicatrisation des plaies
- Peau artificielle
- Cartilage articulaire
- Echafaudages (scaffolds) en ingénierie tissulaire
- Régénération osseuse
- Systèmes de délivrance de médicaments, etc...

AMELIORER la biocompatibilité entre le biomatériau et les tissus qui l'entourent

Cahier des charges des biomatériaux

Biocompatibilité

Bio fonctionnalité

Compatibilité mécanique

Biostabilité

Réponse de l'organisme à l'introduction d'un corps étranger

J. Vergnaud

**J.P. Michel
N. Huang
F. Agnely**

Science des matériaux

S. Obeid

Biologie et Médecine

Ingénierie Tissulaire

**P. Dupuis-William
G. Mekhloufi
D. Letourneur**

