

---

**« Propriétés des biomatériaux »**

La biocompatibilité est influencée par de nombreuses caractéristiques physiques telles que la topographie de surface, la géométrie, l'énergie de surface ou le comportement dimensionnel du matériau.

Ainsi la connaissance précise de la composition d'un matériau est indispensable pour pouvoir identifier les éléments responsables des effets biologiques observés au niveau cellulaire, tissulaire ou organique. La composition chimique d'un matériau avant implantation ne reflète qu'imparfaitement sa composition après une exposition à un fluide biologique ou après un contact avec des cellules.

La considération des conditions qui règnent en chaque point d'un matériau soumis à des forces mécaniques conduit aux notions de contrainte et de déformation.

Puisque les propriétés biologiques intrinsèques d'un biomatériau sont largement modifiées par les procédés de préparation de surface, l'influence de ces procédés sur la biocompatibilité devra être systématiquement étudiée.

**❖ Propriétés mécaniques**

L'effet des forces sur différents matériaux est expliqué par Robert HOOKE (1635-1703), de façon empirique à l'échelle macroscopique : un matériau à l'état solide ne résiste à une force appliquée qu'en se déformant sous l'action de cette force. Les matériaux sont élastiques. Il établit une règle, la loi de HOOKE, selon laquelle l'allongement est toujours proportionnelle à la force appliquée. Cette loi n'est rigoureusement vraie que pour les céramiques, le verre, la plupart des minéraux et les métaux les plus durs.

La considération des conditions qui règnent en chaque point d'un matériau soumis à des forces mécaniques conduit aux notions de contrainte et de déformation. La définition claire et utilisable de ces deux notions est due à

Augustin CAUCHY (1789-1857). Quand on soumet un corps à l'action de forces extérieures, des contraintes s'établissent par réaction, à l'intérieur de ce corps. À ces contraintes sont associées des déformations.

La contrainte détermine avec quelle intensité les atomes du matériau sont écartés les uns des autres ou comprimés les uns sur les autres. Cette contrainte est, pour une traction simple, la force qui agit sur une unité de surface du matériau. Les trois principales contraintes sont la traction, la compression et le cisaillement.

La déformation indique dans quelles proportions les liaisons interatomiques (à l'échelle microscopique) et la structure elle-même (l'objet, à l'échelle macroscopique) ont été déformées. La déformation, pour une traction simple, est le rapport de l'allongement à la longueur initiale.

Pour pouvoir utiliser raisonnablement les matériaux de restauration ou prothétiques en clinique, il est essentiel de faire des essais mécaniques pour déterminer les conditions de déformation et de rupture des matériaux.

- La malléabilité
- La ductilité
- La ténacité et la fragilité
- Résistance à la fatigue
- Élasticité
- La plasticité
- La flexibilité
- Dureté

### **1. La malléabilité**

La capacité d'un matériau de supporter une déformation plastique à la compression sans se rompre.

### **2. La ductilité**

La propriété d'un matériau de supporter une déformation plastique à une demande pour la traction sans se rompre.

### **3. La ténacité et la fragilité**

Les matériaux qui pause après une grande élongation sont appelés matériaux *tenaces*. Les matériaux qui se brisent à un allongement très faible sont appelés *fragiles*.

### **4. Résistance à la fatigue**

Se réfère à la diminution de la résistance d'un matériau soumis à des variables contraintes qui provoquent prématurément des ruptures à l'unité de travail inférieures à la résistance à la rupture.

### **5. Elasticité**

La propriété d'un matériau d'absorber l'énergie quand il est déformé élastique et de revenir à la forme et la taille initiale après l'enlèvement des tâches.

### **6. La plasticité**

La propriété d'un matériau de se déformer et de rester déformé après l'interruption des tâches, mais maintenant le volume constant.

### **7. La flexibilité**

La déformation qui survient alors que le matériau est sollicité à la limite de proportionnalité.

### **8. Dureté**

La propriété d'un matériau de s'opposer à la destruction de ses couches superficielles sous l'action d'un autre corps.

## **❖ Propriétés physiques**

Les propriétés physiques des matériaux dépendent essentiellement de la nature des atomes dont sont constitués ces matériaux.

- Propriétés thermique
- Optiques

### 1. Propriétés thermique

Il est important de comprendre comment ces matériaux transmettent la chaleur et les variations dimensionnelles associés aux changements de température.

#### ✓ La conductivité thermique:

C'est la quantité de chaleur évaluée en calorie par seconde passant à travers un corps d'un centimètre d'épaisseur de section de  $1 \text{ cm}^2$  lorsque la différence de température entre la face chaude et la face froide est de  $1^\circ\text{C}$ .

#### ✓ La diffusivité thermique:

Unité physique introduite pour exprimer la vitesse avec laquelle un corps change une certaine quantité de chaleur pour atteindre l'équilibre thermique avec le thermostat avec lequel il est mis en contact.

#### ✓ La dilatation thermique:

Avec le changement de température, tous les corps changent leur taille. Types de dilatation thermique: *linéaire, en surface ou en volume*.

#### ✓ La chaleur spécifique (c):

Quantité physique exprimant la chaleur nécessaire pour élever la température d'une unité de masse avec un degré. L'unité de mesure :  $\text{J/kgK}$

### ✓ La chaleur latente (spécifique) de fusion :

La chaleur latente de fusion est la chaleur nécessaire à une unité de masse d'un solide pour passer de solide à liquide à une température constante (L'unité de mesure : J/kg.). La chaleur latente de fusion est une constante du matériau.

## 2. Optiques

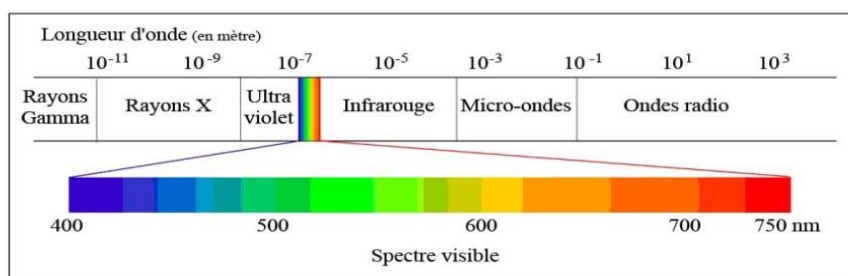
La couleur est donc l'association de ces trois caractéristiques : la luminosité, la teinte et la saturation. Il convient donc de distinguer couleur et teinte, employées habituellement l'une pour l'autre dans le langage courant.

### ✓ Lumière:

La luminosité correspond à la quantité de lumière réfléchi. Si tout le spectre de la lumière du jour est réfléchi, l'objet observe est blanc. Si rien n'est réfléchi, l'objet est noir. Dans cet intervalle, en fonction de la quantité de lumière l'objet apparait plus ou moins gris. La difficulté dans le choix de la luminosité est de faire abstraction de la teinte et de la saturation en teinte. Les cellules spécialisées dans la luminosité sont les bâtonnets.

### ✓ La teinte :

Cette teinte est exclusivement liée à la longueur d'onde dominante de la lumière réfléchi. Elle fait partie du spectre visible.



La limite du spectre visible varie d'un individu à l'autre, les extrêmes pourraient être de 380 nanomètres à 800 nanomètres. L'ultraviolet et l'infrarouge ne sont pas visibles. Les 6 ou 7 couleurs habituellement répertoriées sont : violet (et indigo)[380-450nm], bleu [450-490nm], vert [490-560nm], jaune [560-590nm], orange [590-630nm], rouge [630-800nm]. La limite bleu-

vert-indigo est difficilement discernable. En réalité, la variation de teinte est continue et cette distinction est totalement arbitraire l'œil (cônes) est plus sensible dans l'intervalle vert-jaune et moins sensible à partir du rouge et du bleu.

### ✓ La saturation :

C'est la quantité de la teinte dans le matériau. Pour diluer une teinte, il suffit d'y ajouter du blanc. La couleur est donc l'association de ces trois caractéristiques : la luminosité, la teinte et la saturation. Il convient donc de distinguer couleur et teinte, employées habituellement l'une pour l'autre dans le langage courant.

### ❖ Propriétés chimiques

Les propriétés chimiques (*résistance à la corrosion, inertie chimique par rapport au milieu, notamment le milieu salivaire pour les implants dentaires*), doivent être contrôlées pour conserver l'intégrité du matériau.

En effet, le corps humain est un milieu agressif et corrosif du fait des concentrations en ions chlorure (113 mEq/l dans le plasma sanguin et 117 mEq/l dans le liquide interstitiel, ce qui est suffisant pour corroder les matériaux métalliques) et en oxygène dissous. Pour les implants dentaires les conditions sont encore plus sévères puisque le milieu salivaire contient plus de produits soufrés qui le rendent plus corrosif.

Le liquide interstitiel (interstitium) : une composition ionique proche de celle du plasma sanguin.

Le liquide interstitiel remplit l'espace entre les capillaires sanguins et les cellules.

- Mouillabilité (hydrophilicité).
- Oxydation du matériau (corrosion).
- Les propriétés rhéologiques.
- Propriétés de l'adhésion.
- Influence de la variation du PH.
- Potentiel électrostatique de surface ( $\Phi$ ).

### 1. Mouillabilité (hydrophilicité)

La mouillabilité d'une surface est influencée par sa nature chimique et par l'adsorption éventuelle de molécules présentes dans le milieu. Étude de l'affinité de la surface du matériau avec l'eau et les micro-organismes, (*un micro-organisme hydrophobe se fixera plus volontiers sur une surface hydrophobe*).

### 2. Oxydation du matériau (corrosion)

C'est la réaction chimique entre les métaux et l'environnement, ce qui provoque un changement notable dans le matériau et affecte le fonctionnement d'un composant métallique ou l'ensemble du système. (*Dans une atmosphère sèche - la corrosion est chimique. Dans une atmosphère humide - est à la corrosion électro-chimique*).

### 3. Les propriétés rhéologiques

La science qui s'occupe avec l'étude des phénomènes d'écoulement et de déformation de la matière.

#### ✓ La viscosité du fluide:

Résistance à l'écoulement. Dans certains liquides le flux est réalisé rapidement, d'autres - plus lentement. (*La viscosité d'un fluide dépend de : la nature du matériau, la température (la viscosité diminue avec l'augmentation de la température), la pression (à une très haute pression, la viscosité augmente), le gradient de vitesse.*)

#### ✓ La thixotropie:

Représente la diminution de la viscosité des liquides soumis à un effort unifié et le retour de la viscosité après la fin de l'effort unitaire. (*La thixotropie: est due à la détérioration et à la restauration de la structure.*)

#### **4. Propriétés de l'adhésion**

L'adhésion est le phénomène de l'attraction entre deux corps qui se lie avec l'adhérent par des liaisons ioniques, covalentes ou de coordination. (*A base des composés chimiques di-fonctionnelles en mesure de réaliser des liaisons chimiques primaires avec deux substances différentes.*)

#### **5. Influence de la variation du PH**

Etude de l'Influence de la variation du pH sur les propriétés structurales de matériau dans le milieu biologique (*la corrosion est élevée en milieu acide, faible en milieu neutre, elle est stable en milieu basique.*)

#### **6. Potentiel électrostatique de surface ( $\Phi$ )**

Potentiel électrostatique de surface ( $\Phi$ ) est influencé par la nature de la surface et par la composition chimique du milieu de contact. L'affinité de la surface pour des espèces dissoutes ou des particules en suspension chargées électriquement. (*Une surface chargée électriquement sera répulsive pour les micro-organismes portant une charge électrique de même signe.*)