

Université de BISKRA

Faculté SENV

Département SM

# *LES PROPRIÉTÉS D'UN BIOMATÉRIAU*

Présenté par : Dr. KRIBAA Oum keltoum

2019/2020

- *Les propriétés mécaniques d'un biomatériau*

- La considération des conditions en chaque point d'un matériau soumis a des forces mécaniques conduit aux notions de contrainte et de déformation. La définition claire et utilisable de ces deux notions est due a Augustin CAUCHY (1789-1857). Quand on soumet un corps a l'action de forces extérieures, des contraintes s'établissent par réaction, a l'intérieur de ce corps. A ces contraintes sont associées des déformations. Pour s'affranchir de la dépendance des dimensions du matériau, les paramètres **contrainte** et **déformation** sont utilisés.

# La contrainte

- 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.

$$\sigma = F/S$$

**Elle se mesure en Pascal (Pa).**

# La déformation

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

$$\varepsilon = (L-L_0)/L_0$$

**L'allongement est sans unité.**

## ● L'ESSAI DE TRACTION SIMPLE

L'essai le plus fréquemment utilisé afin de déterminer le comportement mécanique d'un matériau est l'**essai de traction**. **Cet essai est caractérisé par sa facilité de mise en œuvre et par la richesse des informations fournies.**

On exerce une force de traction sur un barreau de dimension standardisée, jusqu'à sa rupture, en suivant un processus de mise en charge à une vitesse de déformation constante.

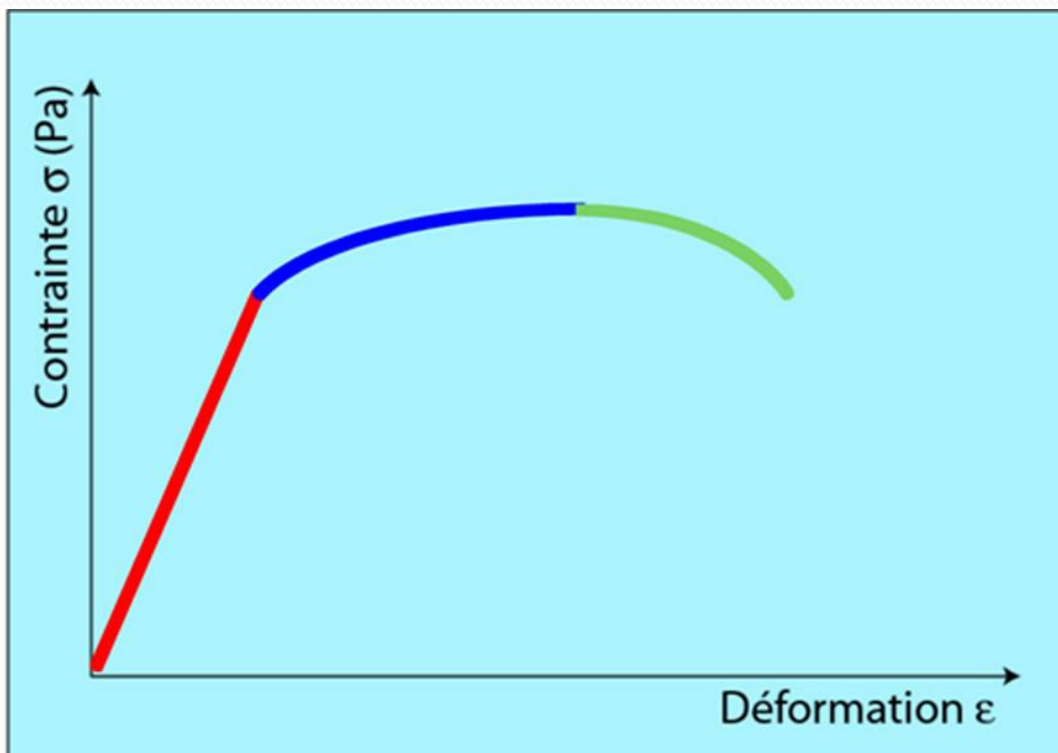
L'éprouvette d'essai est prélevée dans le matériau à caractériser et usinée à des dimensions normalisées, afin d'assurer une meilleure comparaison des essais effectués dans différents

- laboratoires. Pour chaque type de matériau, il existe un type d'éprouvette.

Eprouvette.

Machine de traction.

Courbe contrainte-deformation



- **Diagramme contrainte-déformation en traction d'une éprouvette en métal**

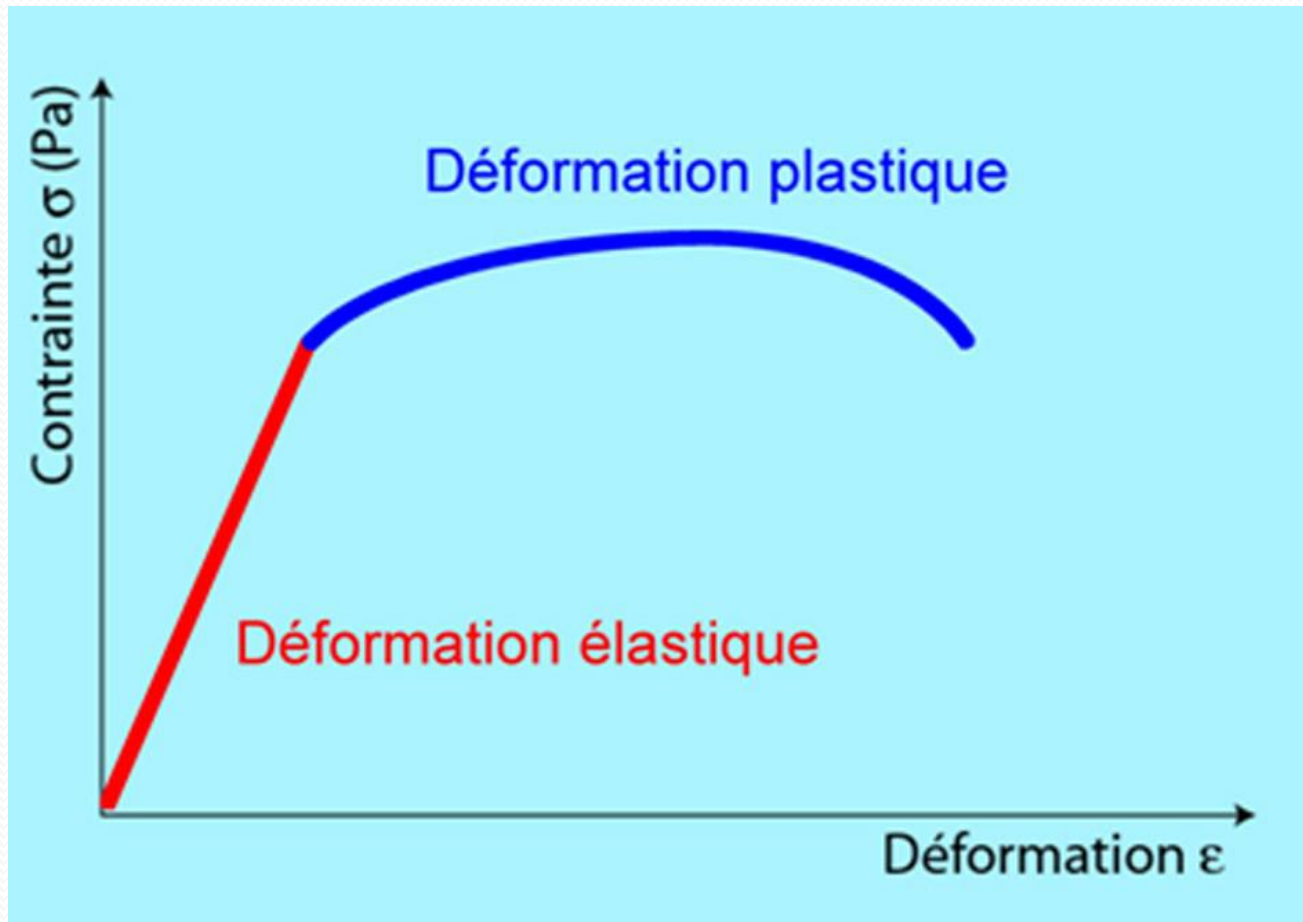
L'application d'une force provoque initialement une **déformation élastique** de l'éprouvette. Cela se traduit sur le diagramme par une droite car la déformation est proportionnelle, pour un métal, à la contrainte (loi de HOOKE). Cette déformation élastique est réversible. Si la contrainte est annulée, l'éprouvette revient instantanément à sa forme initiale.

Cette déformation élastique est suivie d'une déformation irréversible (permanente) appelée **déformation plastique**, qui se traduit sur le diagramme par une courbe qui se termine au moment de la rupture de l'éprouvette.

- **Figure 2. Courbe contrainte-déformation. Domaine élastique et domaine plastique**

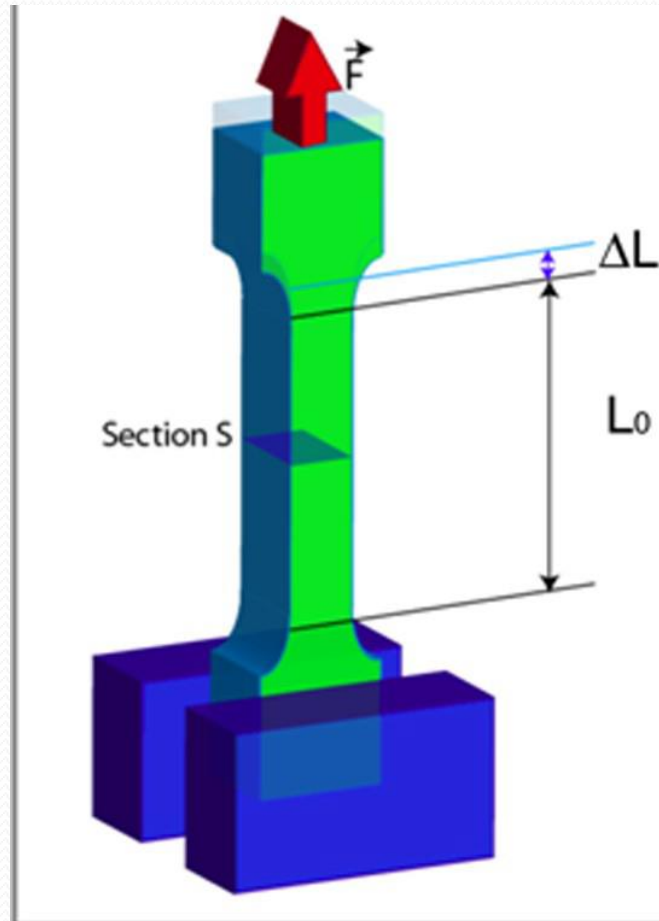
Différents paramètres sont remarquables :

- - Le **module d'élasticité E (ou module de YOUNG)** donne par la **pente du domaine élastique** du diagramme contrainte-déformation.





# Traction simple : force et allongement

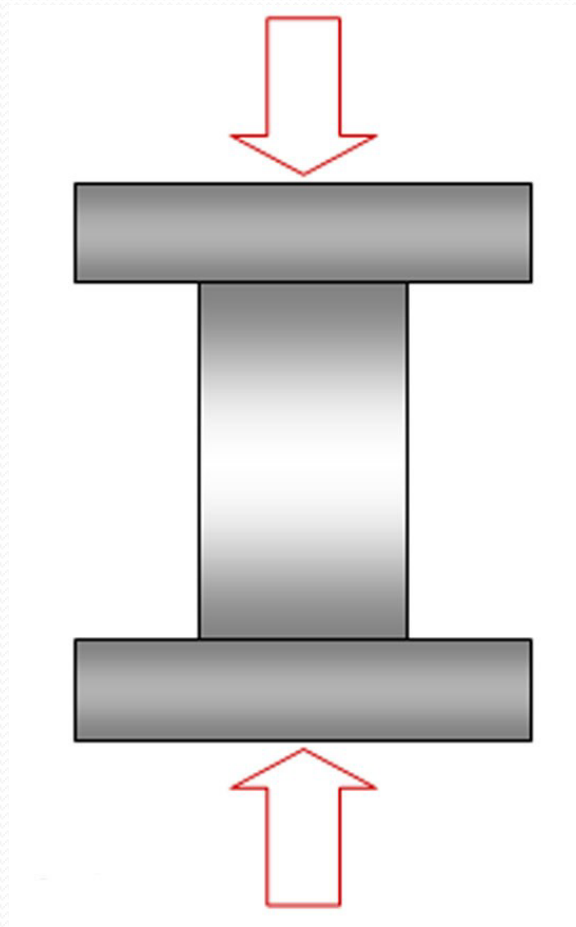


## ● **ESSAI DE COMPRESSION**

L'essai de compression consiste à soumettre une éprouvette de forme cylindrique, placée entre les plateaux d'une presse, à deux forces axiales opposées.

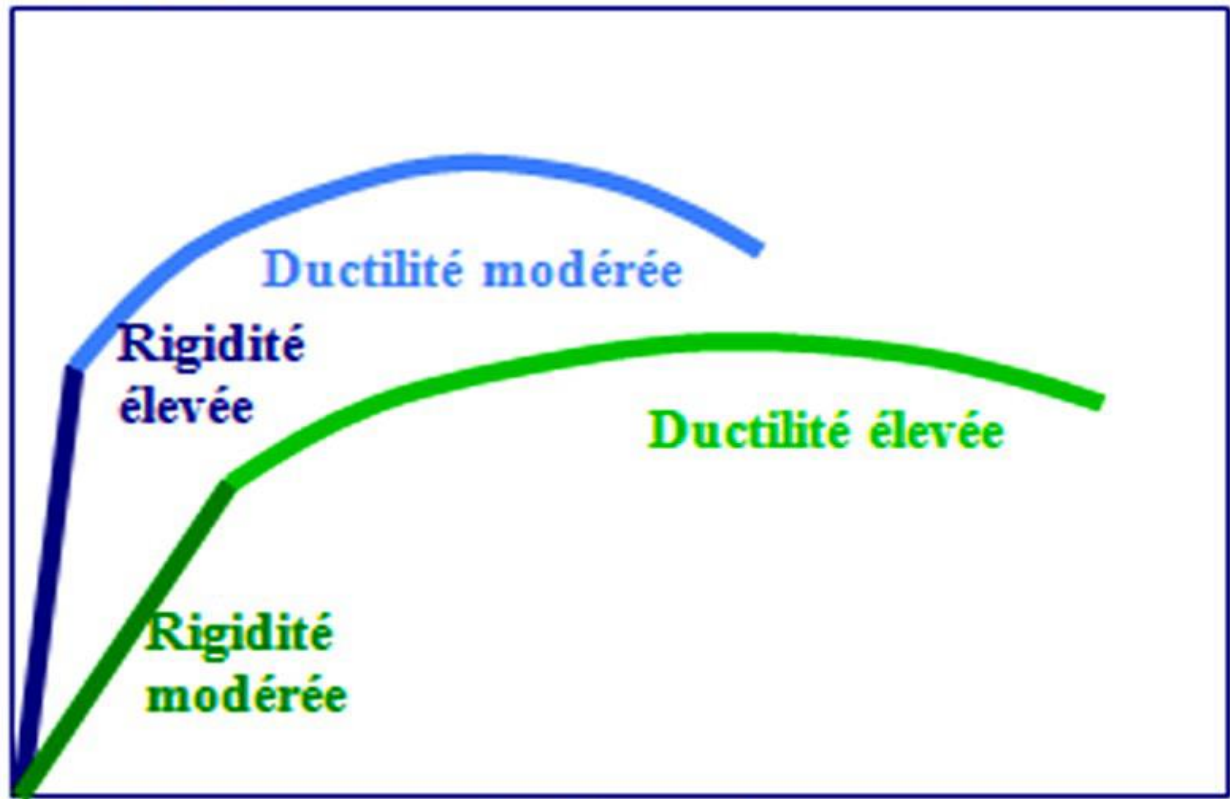
- Si le matériau étudié est **ductile**, la rupture ne peut être atteinte avec ce test.
- L'essai de compression est surtout utilisé pour déterminer la contrainte de rupture des matériaux fragiles (comme les céramiques) qui sont difficiles à usiner pour un essai de traction.

# Test de compression simple



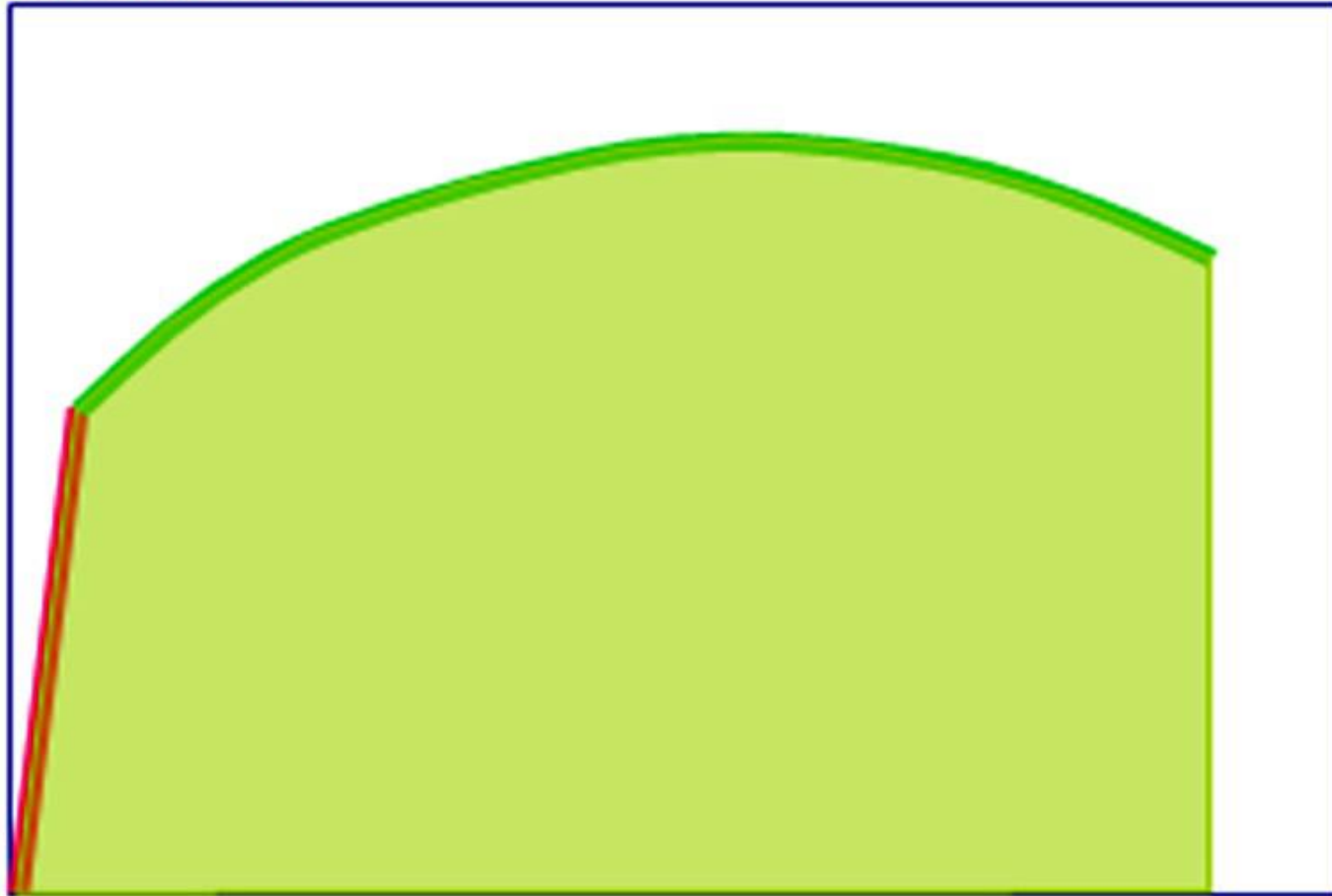
- **la rigidité est fonction de l'énergie des liaisons entre les atomes ou les molécules** constituant le matériau. On mesure la rigidité principalement par le module d'YOUNG. Plus ce module est élevé, plus le matériau est rigide.
- **la résistance caractérise la contrainte maximale qu'un matériau supporte avant de se rompre.** Cette résistance est fonction de l'intensité des liaisons mais également de la forme, des pièces ou de ses défauts.
- **la ductilité** correspond à la capacité d'un matériau à se déformer de façon permanente avant de se rompre. Plus l'allongement à la rupture est élevé, plus le matériau est considéré comme ductile. À l'opposé, lorsque la déformation permanente est très réduite ou nulle, on parle d'un matériau fragile. Un matériau fragile peut présenter une résistance très élevée (**figure 6**).
- **Figure 6. Courbe contrainte-déformation. Pour deux matériaux avec des rigidités et des ductilités différentes**
- - **la ténacité** qui représente la quantité d'énergie absorbée à la rupture par un matériau. Elle caractérise la résistance à la propagation brutale de fissures. Sa valeur est égale à l'aire de la surface sous la courbe contrainte-déformation. Cette caractéristique est importante pour les céramiques.
- **Figure 7. Courbe contrainte-déformation. Ténacité = surface sous la courbe**

Contrainte  $\sigma$



Déformation  $\epsilon$

**Contrainte  $\sigma$**



**Déformation  $\epsilon$**

# ● **Propriétés physiques d'un Biomatériau**

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

- **Propriétés thermique**

- **Optiques**

## • 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 :  $\text{J}/\text{kg K}$

- **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 :  $\text{J}/\text{kg}$ ). La chaleur latente de fusion est une constante du matériau.

# • Propriétés Optiques

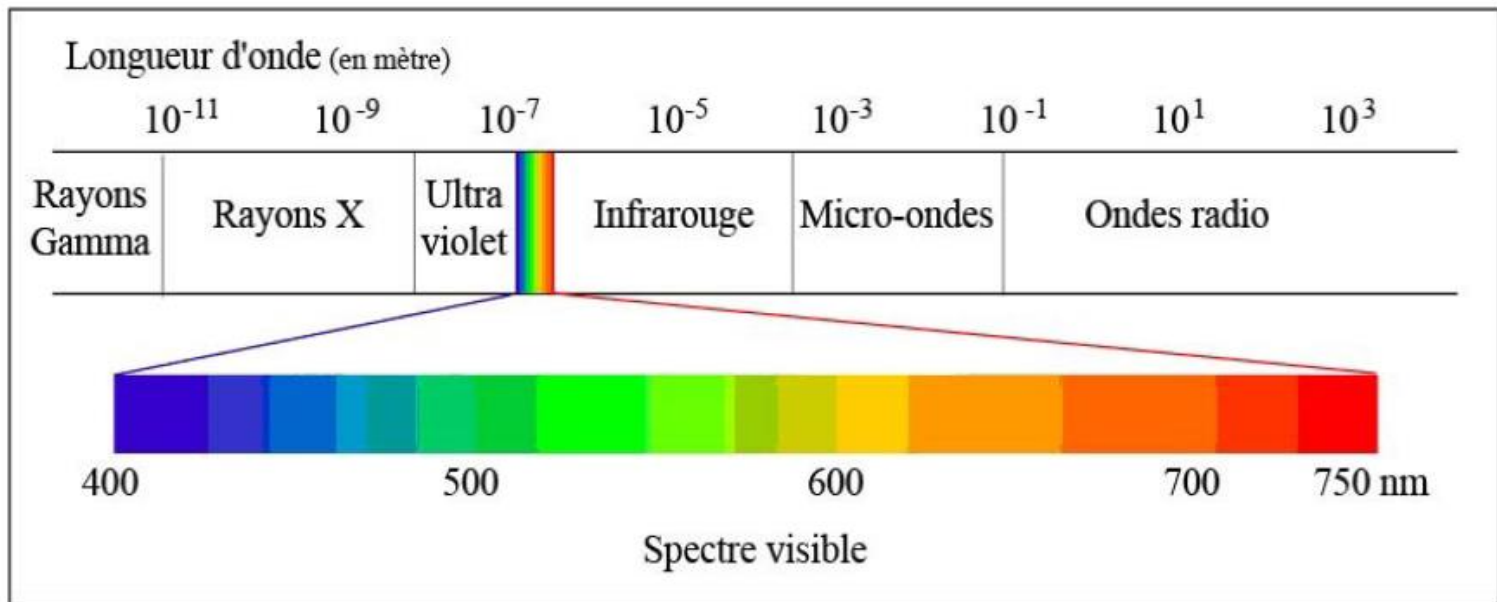
La couleur est l'association de ces trois caractéristiques : la luminosité, la teinte et la saturation. Il convient donc de distinguer couleur et teinte, employées habituellement l'une pour l'autre dans le langage courant.

## • Lumière:

La luminosité correspond à la quantité de lumière réfléchie. Si tout le spectre de la lumière du jour est réfléchi, l'objet observé est blanc. Si rien n'est réfléchi, l'objet est noir. Dans cet intervalle, en fonction de la quantité de lumière l'objet apparaît 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 réfléchiée. 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.

On constate :

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

- **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*).

- **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 - la corrosion électro - chimique*).



## ● **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)).*

### ● **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.)*

- **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).*

- **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).*

- **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).*