

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Abderrahmane Mira Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département BPC



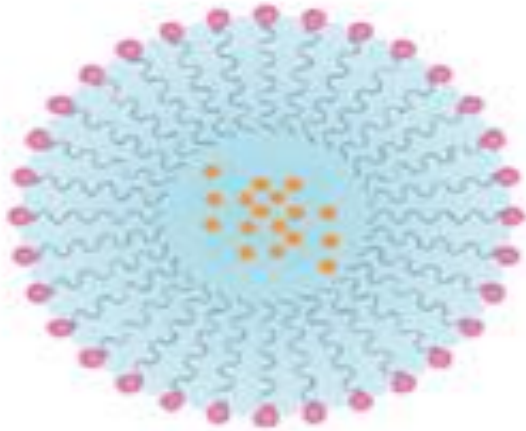
Recherche et Développement  
en Biotechnologie

Nanobiotechnologie

Dr MOULAOU KENZA

M2 Biochimie Appliquée  
Année universitaire 2023-2024

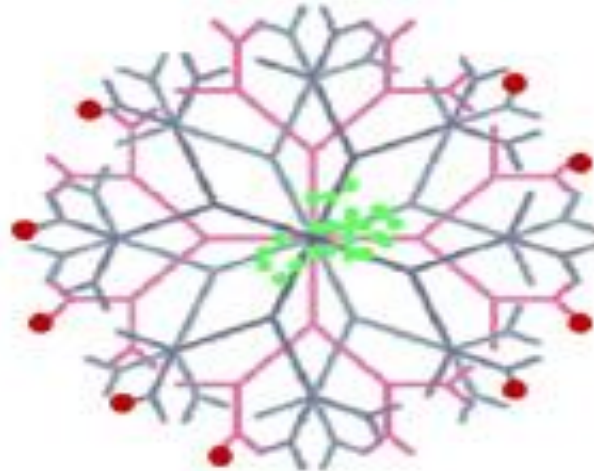
**Solid lipid nanoparticles**



**Liposomes**



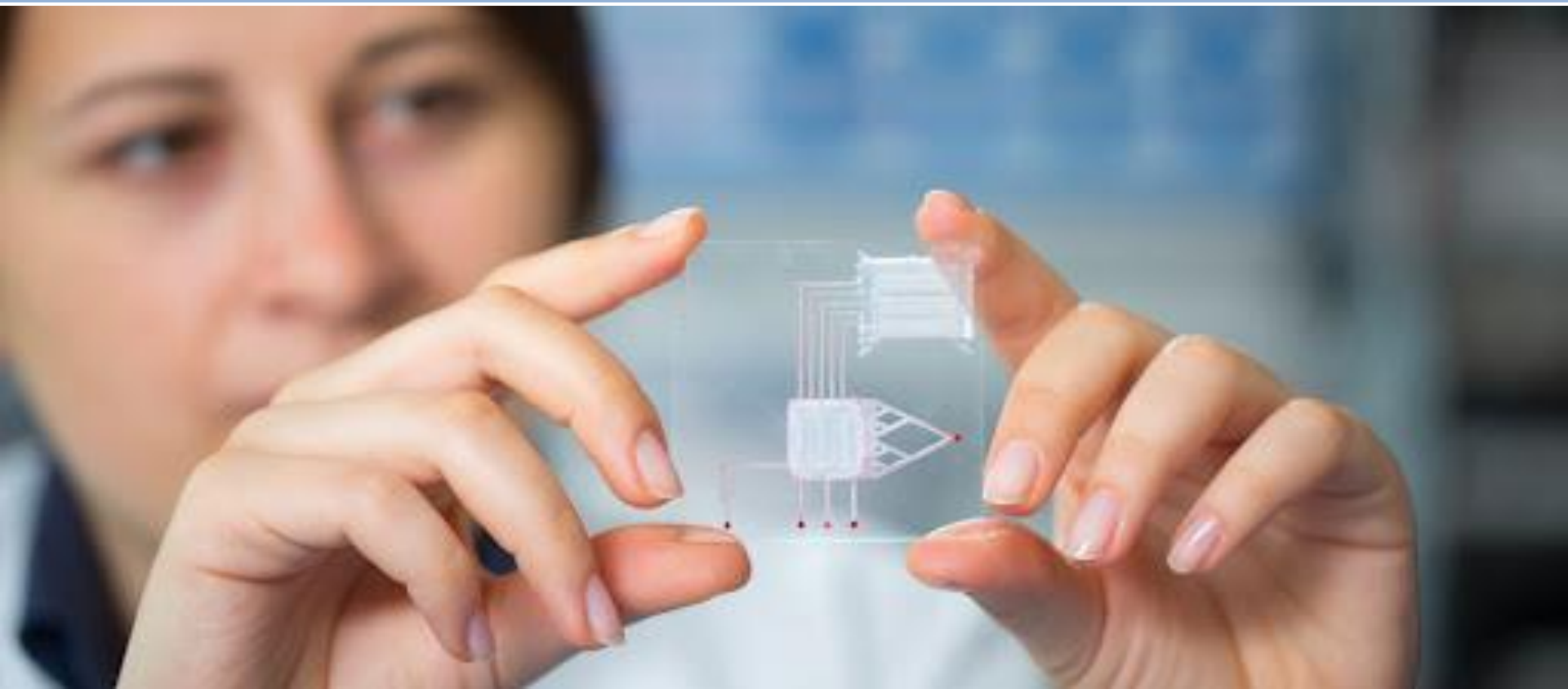
**Dendrimers**

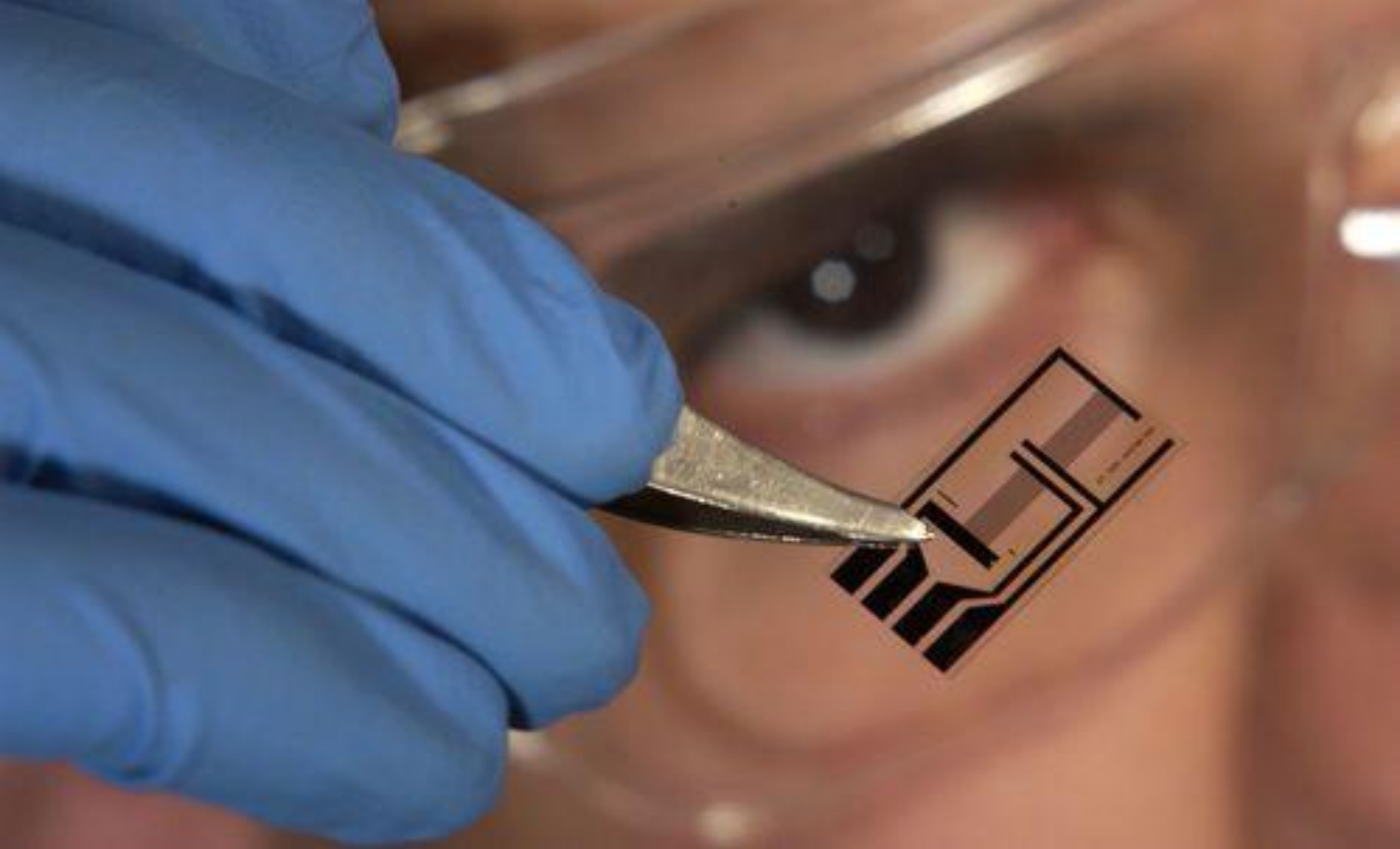


# **Nanoparticules**

Les sciences étudiant "l'infiniment petit", ou nanosciences, ont donné naissance à ce que l'on appelle « Les Nanotechnologies ».

Ces nanotechnologies désignent toutes les technologies engendrées par les nanosciences, visant à **fabriquer, manipuler et caractériser les éléments à l'échelle nanométrique.**





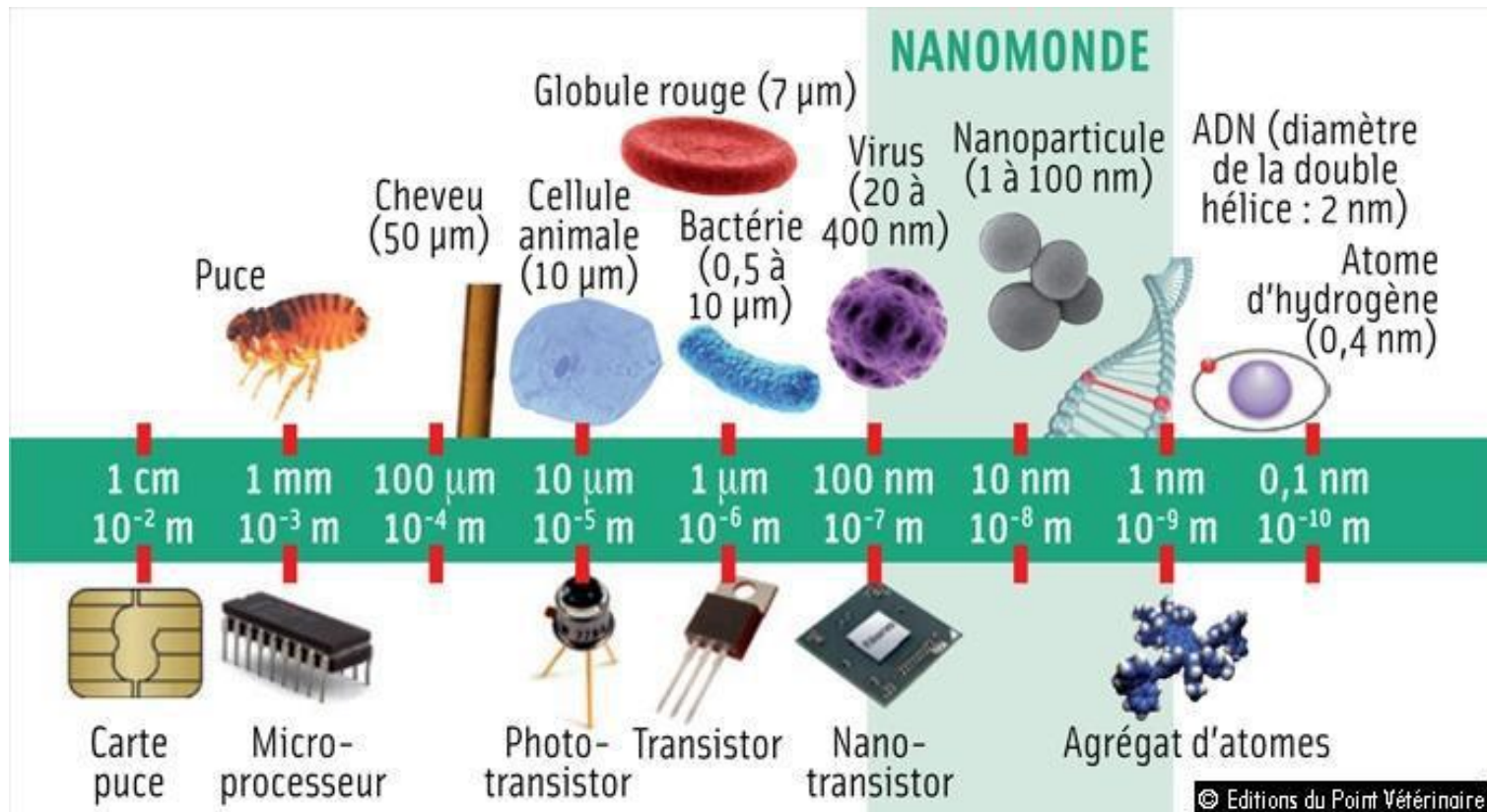
**Le préfixe « nano », qui apparaît souvent dans le domaine des nanosciences, provient du grec "*nânos*" signifiant "nain", et sert à rappeler cette particularité des nanosciences à étudier l'échelle nanométrique.**

# I. Définition

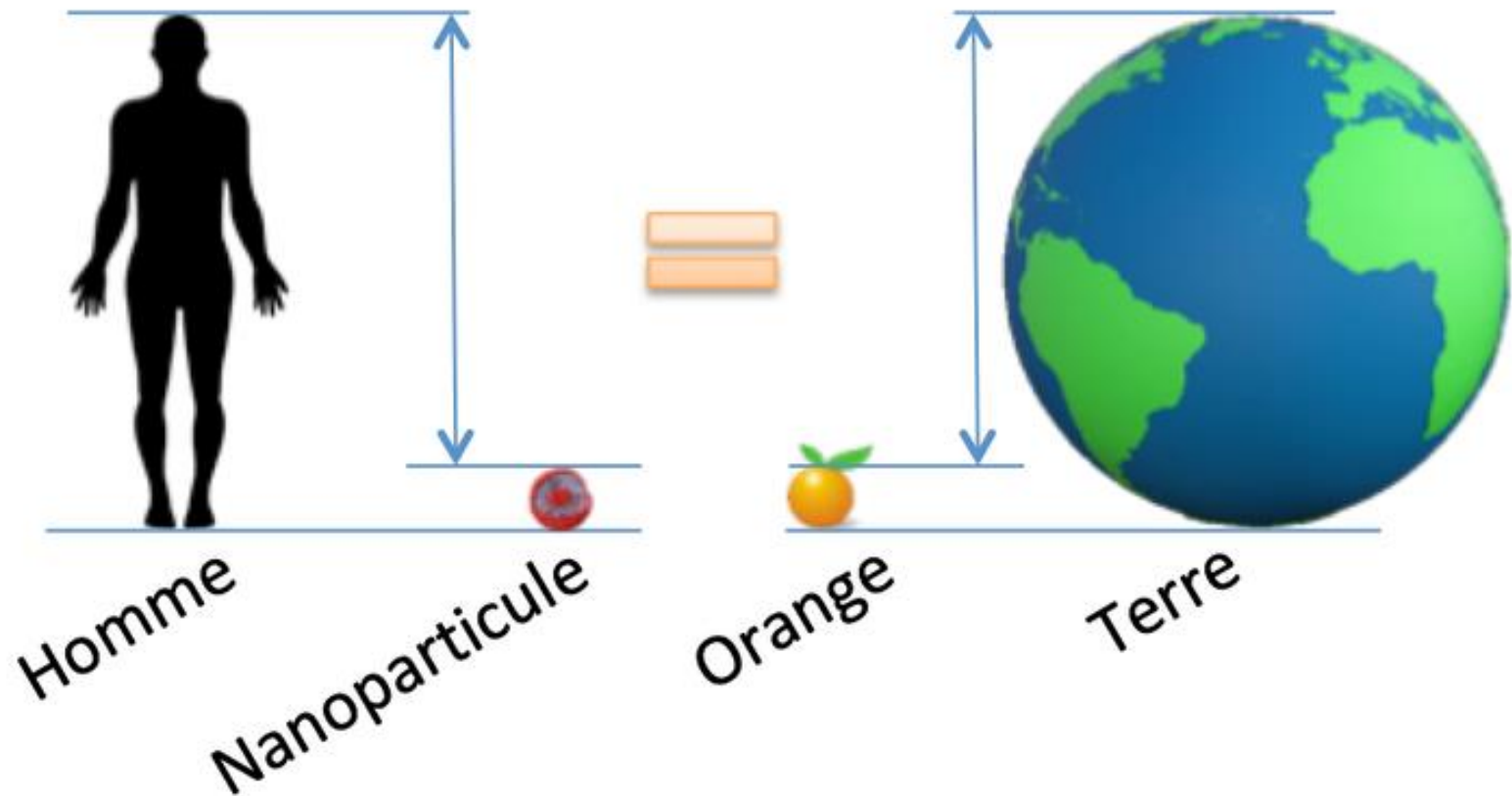
Un **nanoparticule** est définie comme étant un nano-objet dont les trois dimensions sont à l'échelle nanométrique, c'est-à-dire une particule dont le diamètre nominal est inférieur à 100 nm environ.

## Échelle de Dimensions

Un ordre de grandeur



Les nanotechnologies recouvrent un domaine en plein essor depuis une vingtaine d'années qui devrait jouer un rôle très important dans l'économie.





Ces nanoparticules sont retrouvés dans de nombreux secteurs tels que, l'informatique (l'électronique) la téléphonie mobile, le sport, le bâtiment, l'automobile, mais également l'alimentation, la santé et les produits cosmétiques.

## Les textiles antimicrobiens

Comprennent les textiles anti-odeurs, antifongiques et antibactériens.

Cela s'applique aux produits dont les fibres ont des propriétés **bactéricides intrinsèques** ou qui les obtiendront grâce à des traitements subséquents (chimiques, finition, nanotechnologies, ajout de métaux bactéricides, etc.).

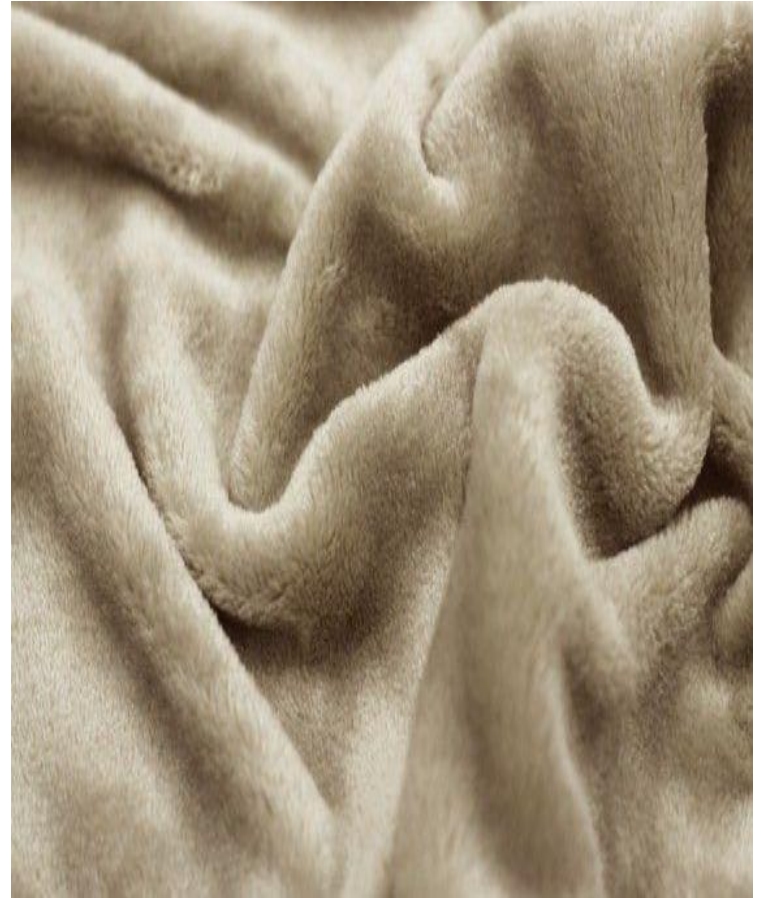




Ces produits peuvent être utilisés pour la fabrication de vêtements, mais également pour des produits non vestimentaires (meubles, tapis, etc.).

Ces textiles permettent de réduire ou même d'éliminer les opérations traditionnelles de soins des tissus (lavage, séchage par culbutage, séchage, repassage).

Les propriétés peuvent inclure la résistance aux taches, à l'huile et aux liquides.



# Comment peut-on transmettre ces propriétés aux textiles?

L'intégration des nanotechnologies dans les produits textiles se fait par l'application de revêtements, différents traitements, des matériaux composites pour les fibres et des nanofibres.

Les nanotextiles ont été divisés plusieurs catégories :

# **Textiles à nanofinition**

Les textiles à nanofinition sont ceux auxquels on ajoute une propriété nanotechnologique une fois que le tissu de base a été fabriqué.

Cela comprend les traitements postérieurs à la fabrication et l'ajout de nanomatériaux en revêtement ou la création de surfaces nano-structurées sur un support de fibres.

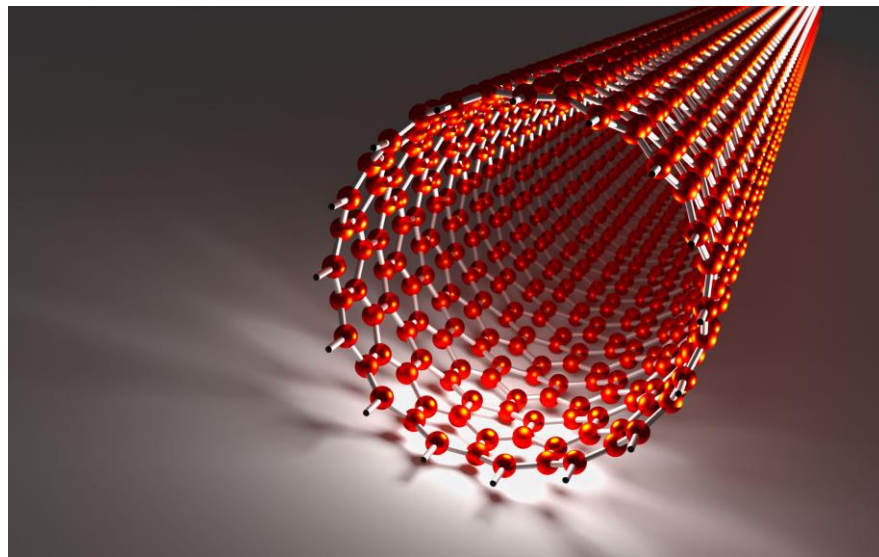
Les nanomatériaux ajoutés aux tissus sont des nano-objets métalliques (comme l'argent pour les propriétés antimicrobiennes)

# Textiles nano-composites

Les textiles nanocomposites contiennent des fibres composites avec une ou plusieurs composantes nanostructurées.

Ce type de nanotextile est axé sur l'intégration des propriétés nanotechnologiques aux composantes fibreuses, avant la fabrication du tissu.

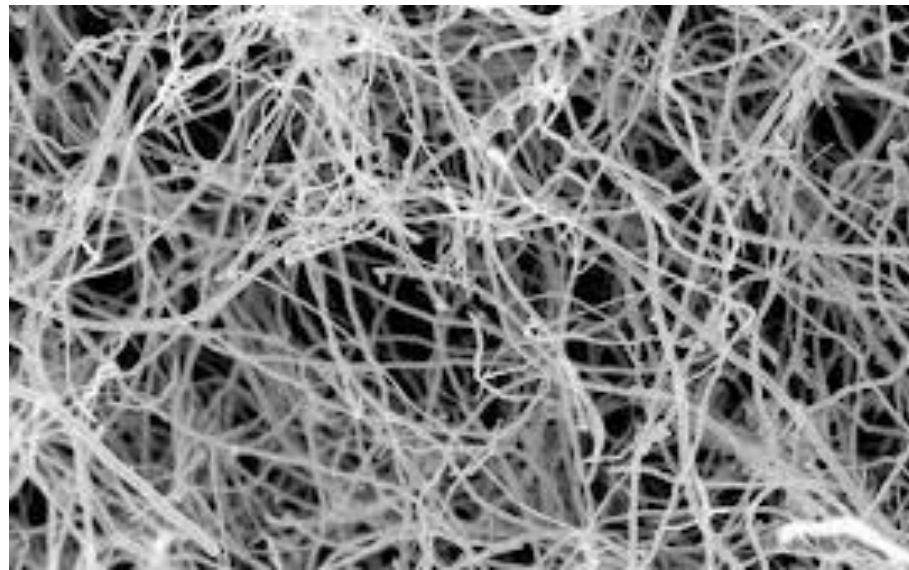
Les matériaux de base ajoutés pour produire les textiles nano-composites sont par exemple des nanoparticules chargées en métaux du groupe des terres rares pour la luminescence.



## **Textiles nanofibreux**

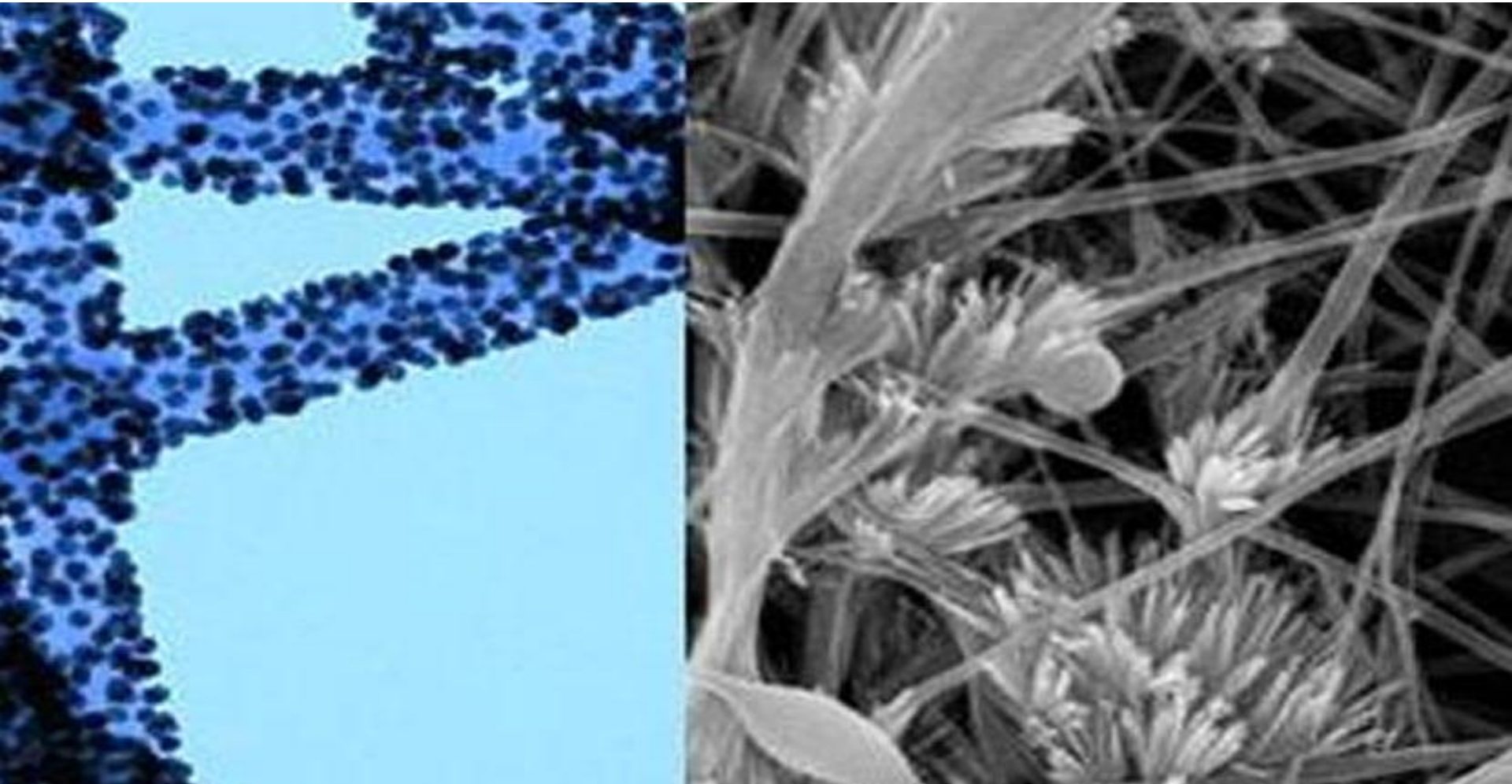
Les textiles nanofibreux sont composés de nanofibres. Ces vraies nanofibres ont une section nanométrique. La fibre peut être composée d'un seul matériau ou d'un composite.

Ces nanotextiles sont produits avec des fibres qui exploitent des propriétés nanotechnologiques. Ces propriétés peuvent provenir soit de la composition du nanomatériau (comme des fibres faites de tubes de nanocarbone, ce qui les rend très résistantes)



# Nanotextile

Les propriétés découvertes par les recherches actuelles sur les nanotechnologies et pouvant être utilisées pour les textiles sont les suivantes :

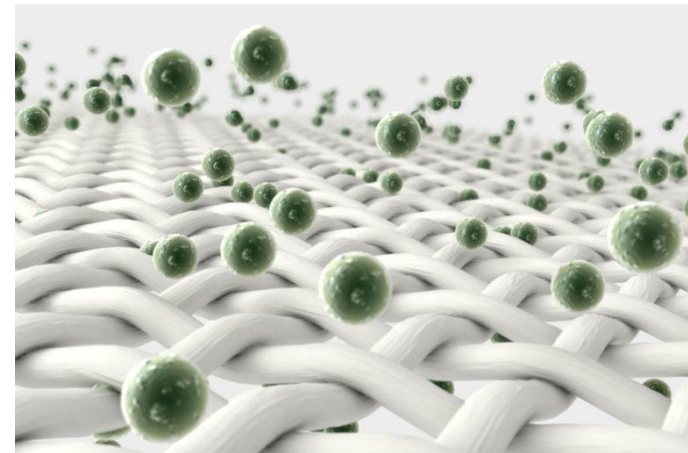


## Capacité antibactérienne, Contrôle des odeur

Les nanomatériaux ajoutés aux tissus sont des nano-objets métalliques comme l'argent pour les propriétés antimicrobiennes,

Les nanoparticules d'argent **inhibent le métabolisme bactérien**, qui causent les infections et les odeurs et entraînent la mort des bactéries.

Les chaussettes anti-odeurs incorporant des nanoparticules d'argent.



**Et si faire la lessive appartenait au passé ?**





## Résistance aux taches

Nano-filaments de polymère à « effet lotus » (superhydrophobe)

Les nano-filaments appliqués sur les fibres textiles créent une géométrie rugueuse qui repousse l'eau en raison de la faible surface de contact. L'angle de contact élevé fait rouler la goutte d'eau sur la surface. Ce faisant, elle ramasse les particules de poussière et nettoie la surface. Les liquides repoussés risquent moins de tacher le tissu.



## Résistance au froissement

### Résistance au rétrécissement

La kératine forme des liaisons avec les fibres textiles pour accroître la résistance structurale. Cela donne un effet de résistance au rétrécissement en raison de réarrangement et la compaction des fibres durant le lavage à la machine.



# Luminescence

Nanocomposites de terres rares

Les fibres nanocomposites contiennent des métaux du groupe des terres rares qui deviennent fluorescents, ce qui permet aux systèmes d'étiquetage électroluminescent des textiles de détecter les infrarouges.

Les nanoparticules inorganiques de métaux du groupe des terres rares sont intégrées à la matrice de polymère pour l'étirage des fibres



## Bioactivité

### Nanocapsules médicamenteuses

Des nanocapsules contenant des médicaments sont dispersées dans les textiles utilisés à des fins médicales, comme les pansements.

La libération du médicament peut être contrôlée pour le séquençage du traitement ou les nanocapsules peuvent avoir des propriétés réactives détectant la présence de bactéries.



## Résistance aux flammes

Des nanomatériaux intumescents sont appliqués sur les fibres et prennent de l'expansion pour isoler les fibres lorsque la chaleur de la flamme atteint le textile



## Isolation thermique

Les aérogels de silice superlégers ont de très grandes propriétés d'isolation thermique qui peuvent servir à isoler les tissus.

Les aérogels sont intégrées à la nappe de renforcement des tissus non façonnés durant le processus de fabrication



## Protection contre les rayons UV

Nanoparticules semi-conductrices qui bloquent les rayons UV. Ils peuvent être intégrés aux textiles pour protéger contre la transmission des UV et la dégradation des textiles. Textiles traités dans une solution aqueuse de nanoparticules de dioxyde de titane, puis durcies par foulardage



## La cosmétologie



Dans les produits cosmétiques, deux types de nanomatériaux, **nano-émulsions** et **nano-pigments**, ils sont actuellement incorporés en raison de l'efficacité de leurs principes actifs principalement pour les crèmes solaires, de soins dermatologiques ou capillaires.

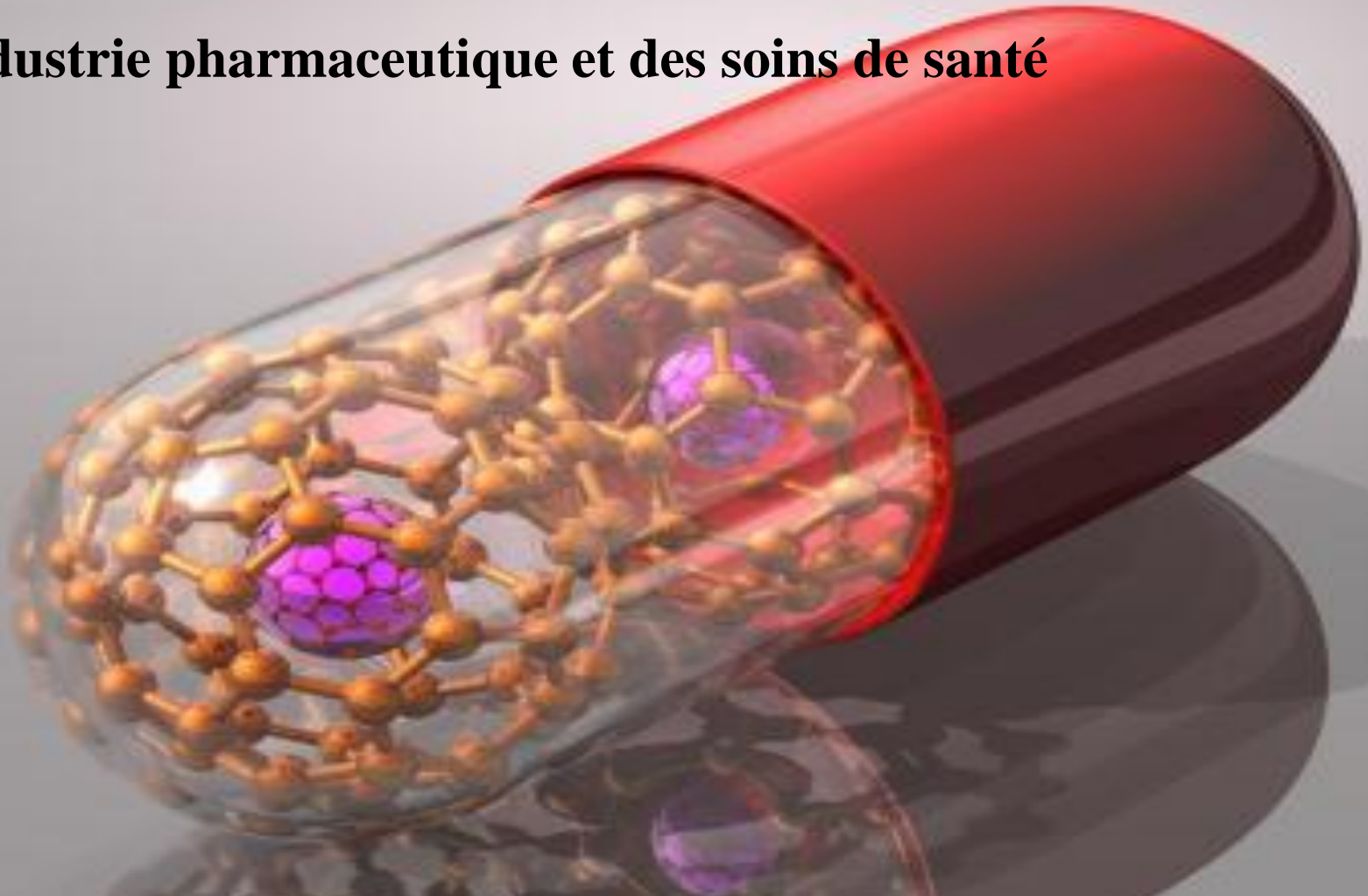


Des crèmes solaires aux nanoparticules de dioxyde de titane ou d'oxyde de zinc présentent l'intérêt de ne plus laisser de traces blanches sur la peau.



Des fonds de teint contiennent des combinaisons de nanoparticules de dioxyde de silicium et de dioxyde de zinc pour retenir les enzymes à l'origine de la sécheresse et de la rugosité de la peau.

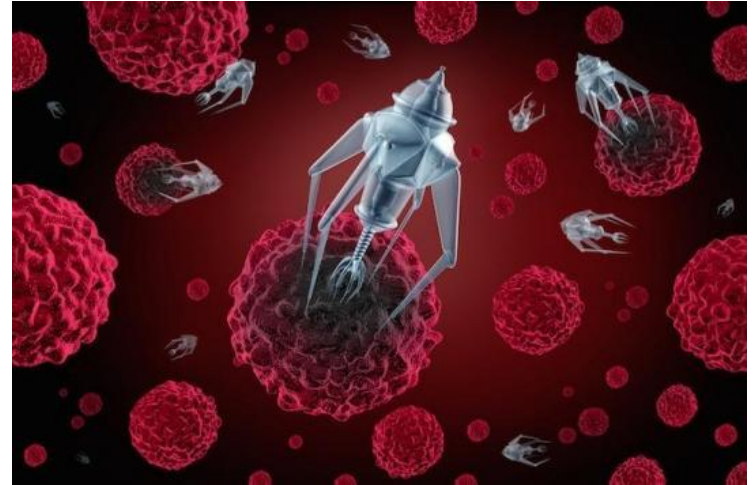
# **Industrie pharmaceutique et des soins de santé**



**Appliquées aux médicaments, les nanotechnologies permettent d'encapsuler une molécule biologiquement active dans un nano vecteur adapté pour se fixer spécifiquement au niveau ou à l'intérieur des cellules que l'on veut traiter évitant ainsi la toxicité à l'égard de certains organes vitaux ou la destruction par les cellules du foie.**

# "Nanos" et santé

La recherche médicale travaille sur des applications thérapeutiques multiples, et imagine de nouveaux médicaments de type nanorobot qui libère le principe actif au cœur de la cellule



Les nanoparticules sont déjà utilisées dans l'imagerie médicale - agent de contraste pour la RMN, imagerie optique.

# Nanomatériaux

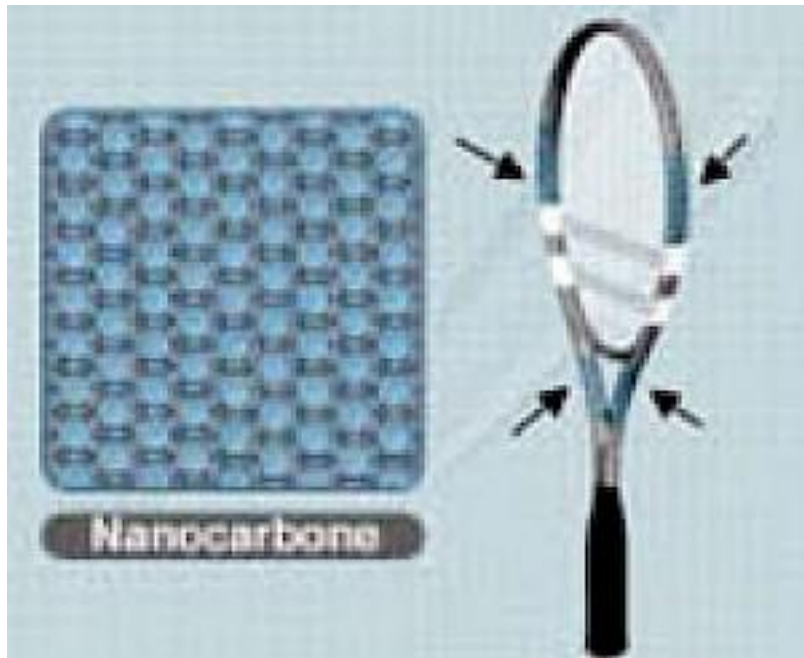
Dans l'automobile, les nanomatériaux permettent de réduire le poids des véhicules de 20% à 50% et, ainsi, de diminuer la consommation de carburant.

Aussi pour mieux protéger la carrosserie, grâce aux nano peintures qui résistent aux rayures.



Dans l'électronique, les nanomatériaux rendent toujours plus légers les ordinateurs et les téléphones, tout en augmentant leurs capacités de stockage.

L'électroménager n'est pas en reste et propose notamment des aspirateurs allergènes, des réfrigérateurs antibactériens...



De nombreux articles de sport contiennent des nanomatériaux. Exemple : les raquettes de tennis à la solidité et à la légèreté renforcées grâce aux nanotubes de carbone

Haute résistance    Nanotubes de carbone polymère Les nanotubes de carbone permettent d'augmenter la résistance en raison de leur structure graphitique. Cela permet de renforcer la matrice de polymère d'une fibre.            Les nanotubes de carbone sont dispersés dans la matrice de polymère, qui est tissée en fibre avec la méthode de filage à sec

# L'agroalimentaire

Les orientations actuelles de la recherche agroalimentaire dans le domaine des nanotechnologies, s'intéressent, entre autre, à la création d'aliments dits « intelligents » agissant interactivement en fonction du goût ou des besoins nutritifs du consommateur : changement de couleur, apport nutritif complémentaire...



# Application des nanomatériaux dans l'alimentation

Les nanomatériaux sont utilisés dans l'agroalimentaire selon 3 usages :

- En tant qu'additif alimentaire dans le produit fini
- En tant qu'additif support
- En tant que matériaux au contact des denrées alimentaires (MCDA)





Les matériaux au contact des denrées alimentaires ont pour rôle de prévenir la détérioration des qualités nutritives des aliments, et d'assurer leur conservation. Pour assurer ces fonctions, on y trouve des matériaux empêchant le passage de l'oxygène et des UV à travers l'emballage, le développement des micro-organismes, régulant l'humidité et le pH, et permettant la stabilité des nutriments.



**Antimicrobienne** : Nanoparticules d'argent

**Anti-oxygène** : Nanoparticules de dioxyde de titane (TiO<sub>2</sub>).

**Contrôle de l'humidité** : Nanoparticules d'oxyde de zinc (ZnO NPs)

**Conservation des qualités nutritives**: Nanocomposites (polymères à base de silicates) et nanocomposites biodégradables (cellulose, amidon, polylactide)



# **Fonction des nanomatériaux dans les additifs**

Les additifs alimentaires sont des substances ajoutées intentionnellement aux aliments pour exercer certaines fonctions technologiques spécifiques, par exemple pour colorer, sucrer ou contribuer à la conservation des aliments. Ils peuvent aussi servir à améliorer la texture de l'aliment, ou encore sa qualité nutritionnelle.

Les nanoparticules peuvent par exemple servir à l'encapsulation des nutriments. En plus de protéger les nutriments, elles leur permettent d'être mieux absorbées par l'intestin grâce à la petite taille et la grande surface spécifique des particules produites.

**Encapsulants** : Nanoparticules de carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$  NPs) et nanoparticules de dioxyde de silicium ( $\text{SiO}_2$  NPs)

**Enrichissant alimentaire** : Les nanoparticules d'oxyde de fer ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  NPs) utilisées comme supplément en fer en cas d'anémie

**Colorant** : Le dioxyde de titane (E171) est le plus employé. Il sert à blanchir ou à faire briller les produits sucrés (bonbons, chewing-gums...).



# II. Pourquoi s'intéresser aux nanomatériaux?

**Diminution de la taille des particules**

**Augmentation de la surface spécifique**

Plus la taille des particules diminue plus le rapport surface/masse augmente  
«interactions avec les différents tissus, cellules et fluides biologiques de l'organisme »

**Apparition de propriétés physiques et chimiques nouvelles**

Le carbone dans une mine de crayon se casse facilement. Sous forme de nanotubes de carbone, il est plus résistant que l'acier.

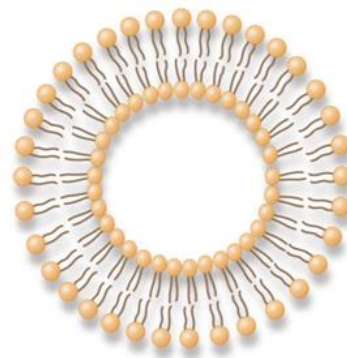
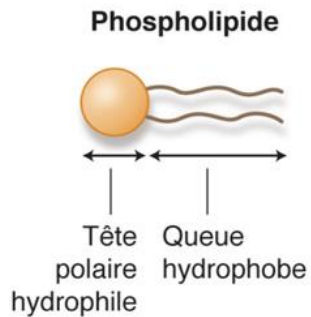


**Apparition de propriétés biologiques nouvelles**

L'intérêt majeur du développement des Nanoparticules repose sur leur capacité à passer certaines barrières biologiques

# Différents types de nanoparticules

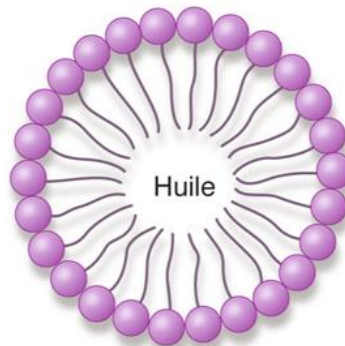
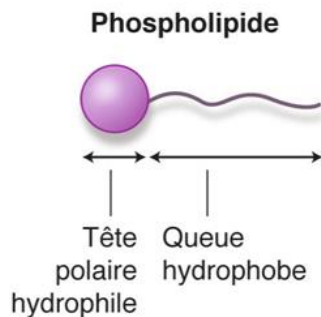
La composition du cœur des nanoparticules est très variée : il peut s'agir d'assemblages organiques ou inorganiques. Nous allons décrire les nanoparticules les plus courantes



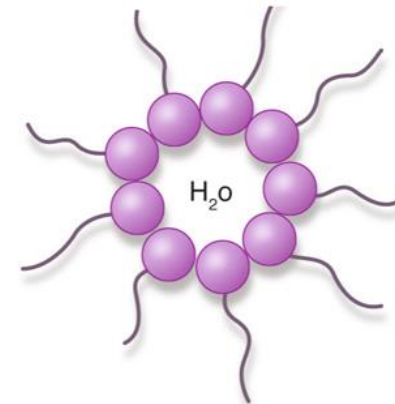
**Liposome**



**Bicouches de phospholipides**



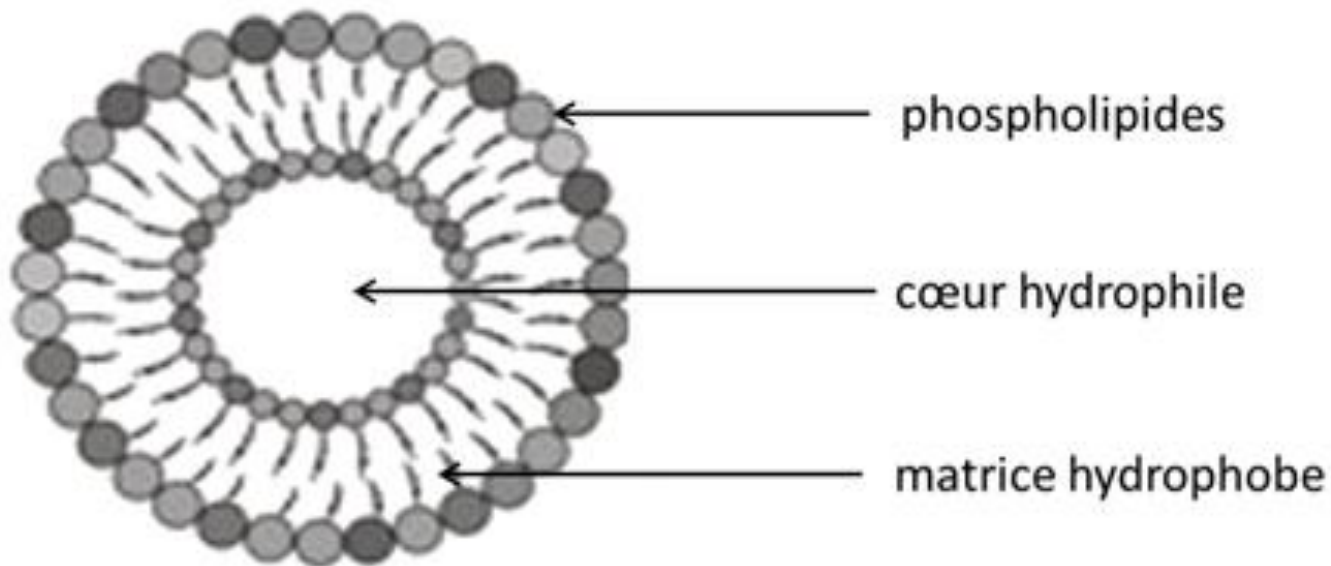
**Micelle**  
10-50 nm



**Micelle inversée**

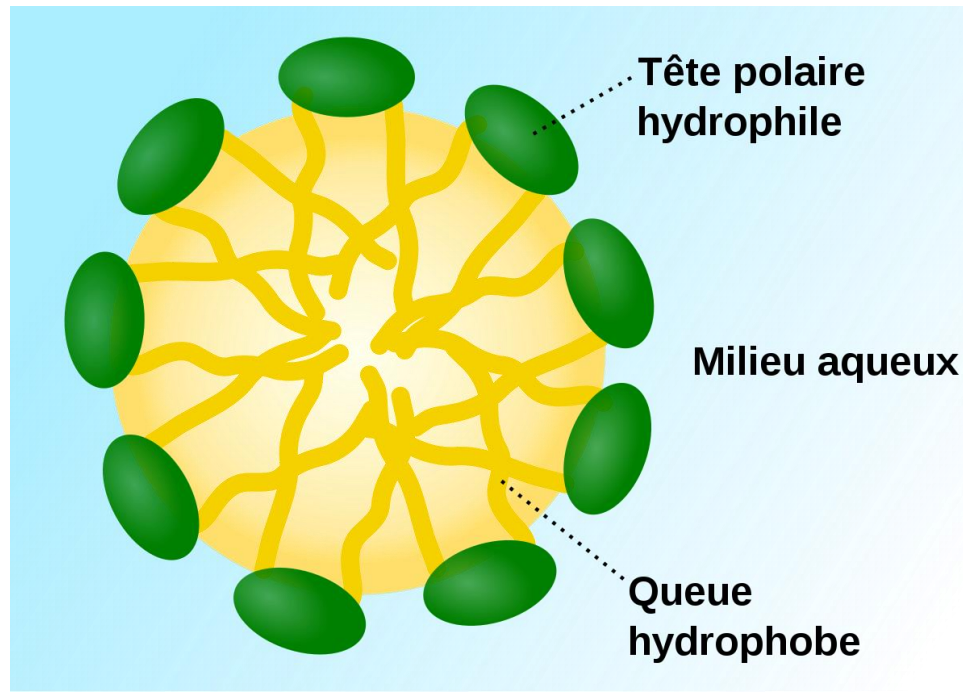
# 1. Liposomes

Les liposomes sont des vésicules formées de bicouches lipidiques concentriques, constituant une zone hydrophobe propre à la vectorisation de molécules hydrophobes et présentant un cœur hydrophile spécifique à la vectorisation de molécules hydrophiles. Le plus souvent, ils sont à base de phospholipides et de molécules de cholestérol, et possèdent une taille de 30 nm à plusieurs micromètres.

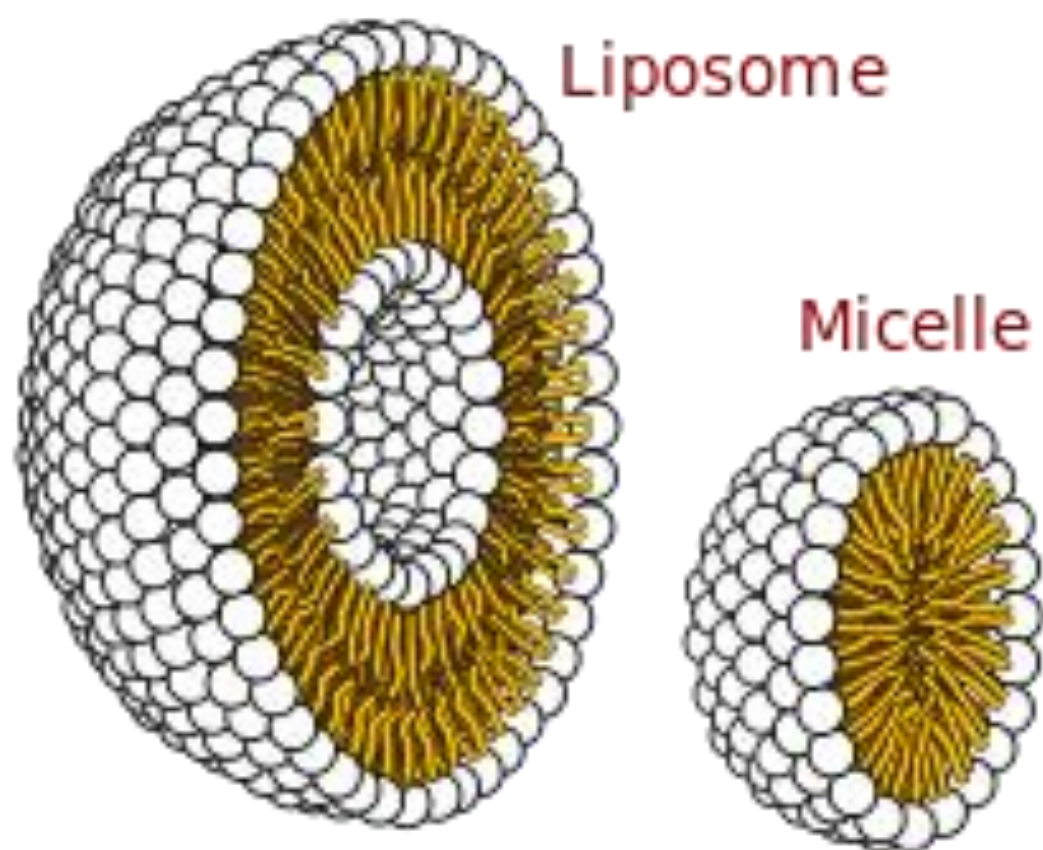


## 2. Micelles

Une micelle est un agrégat de molécules d'agent tensioactif dispersées dans un colloïde liquide. Une micelle typique dans le soluté forme un agrégat avec les régions « principales » hydrophiles en contact avec le dissolvant environnant, séquestrant les régions hydrophobes de queue au centre de micelle. La forme des micelles est généralement sphérique.



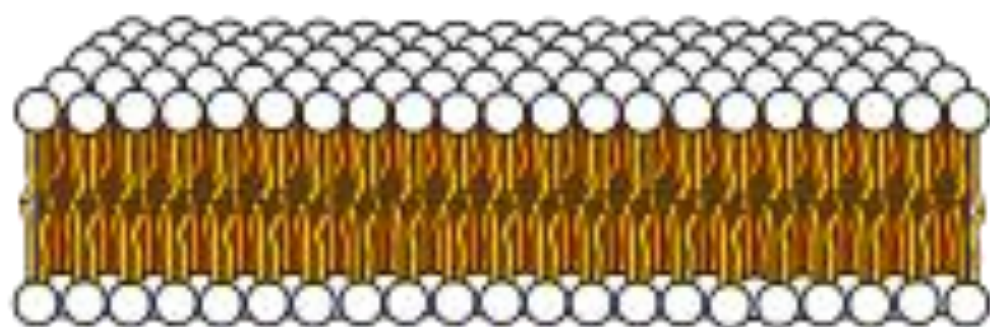




Liposome

Micelle

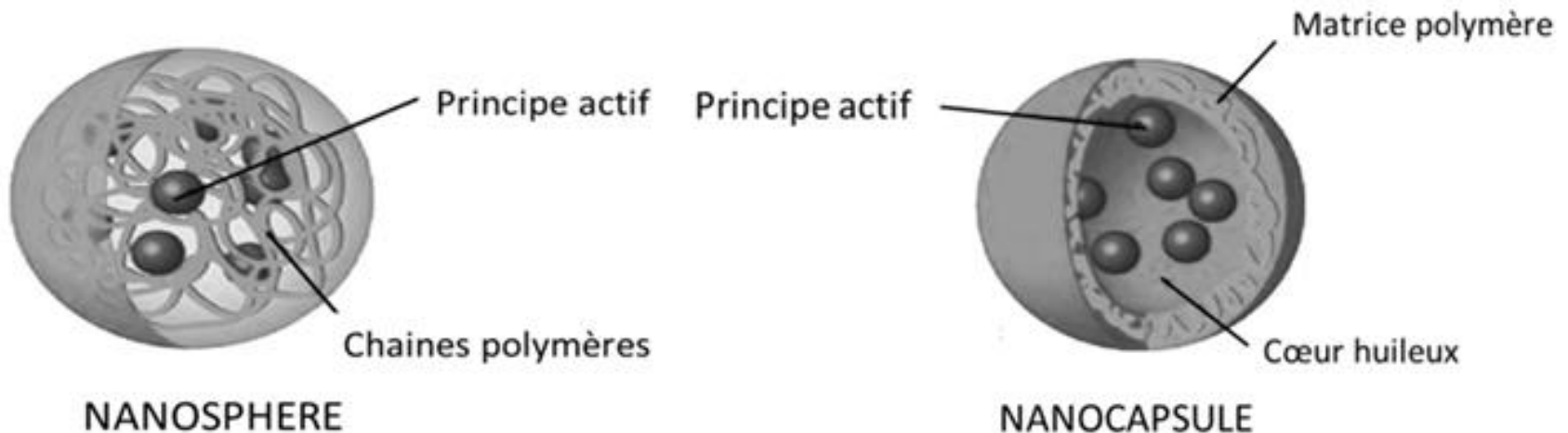
Bicouche lipidique



### 3. Nanoparticules polymériques

Ces polymères sont biocompatibles et biodégradables, leur grande stabilité leur confère des caractéristiques essentielles pour leur emploi dans le domaine biomédical. Ils possèdent généralement une forme sphérique et sont rigides. Il en existe deux types à savoir les nanosphères et les nanocapsules.

Les plus couramment utilisés actuellement étant le poly (acide lactique), le poly (acide glycolique) et leur copolymère le poly (lactide-coglycolide), respectivement abrégés.



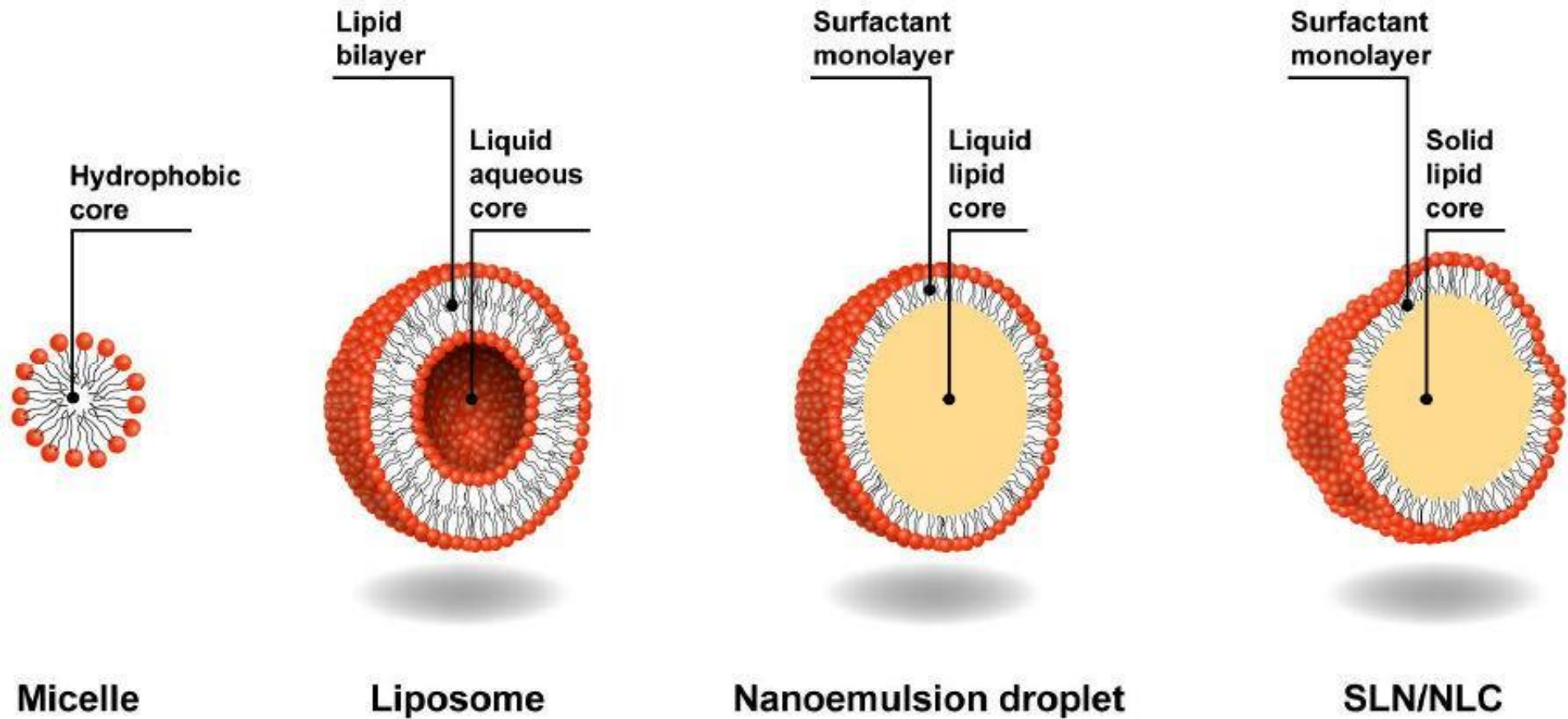
## **4. Nanoparticules lipidiques**

Ces nanoparticules sont constituées d'un cœur lipidique, généralement à base de triglycérides biodégradables et non toxiques.

Parmi les particules entrant dans cette catégorie, les nanoparticules lipidiques solides ou SLN pour « Solid Lipid Nanoparticules ».

Le cœur de ces particules est constitué d'une matrice de lipides qui est solide à température ambiante mais également à la température du corps humain. Cette matrice plus ou moins cristallisée est stabilisée par une couche de surfactant.

De telles particules ont une stabilité et une capacité à encapsuler les molécules lipophiles supérieure à celle des liposomes.

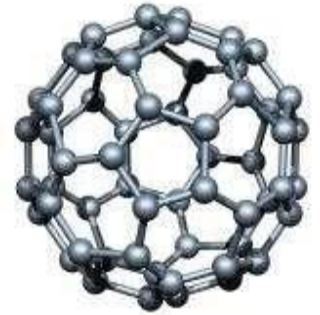


## **5. Nanoparticules inorganiques**

Outre les nanoparticules organiques, des nanoparticules inorganiques ont également été développées. Les plus courantes sont les nanoparticules métalliques d'or ou d'argent, les nanoparticules magnétiques, les nanoparticules en silice et les nano cristaux semi-conducteurs.

# A. Les fullerènes

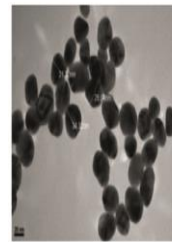
Ces structures carbonées, c'est des assemblages atomiques creux, on peut y introduire des atomes étrangers, Utilisés pour l'imagerie médicale ou des principes actifs essentiels au niveau thérapeutique.



## B. Les nanoparticules métalliques

d'or, d'argent, de silice, de fer

Une grande partie des métaux possèdent des propriétés spécifiques à l'échelle nanométrique



Images de microscopie électronique de nanoparticules d'or

