

## I.1. Définition

Un matériau est tout produit (naturel ou artificiel) qui peut être utilisé pour fabriquer des objets. C'est aussi toute substance, ou matière destinée à être mise en forme. Les matériaux solides sont classés en deux grandes catégories :

## I.2. Les différents types de matériaux

### I.2.1. Matériau solide cristallisés

C'est un matériau dont l'arrangement des atomes est périodique suivant toutes les directions de l'espace. Le spectre de Diffraction des Rayons X (DRX) d'un matériau cristallin montre clairement la présence des pics de diffraction. La figure 1, représente un spectre DRX de la poudre de ZnO

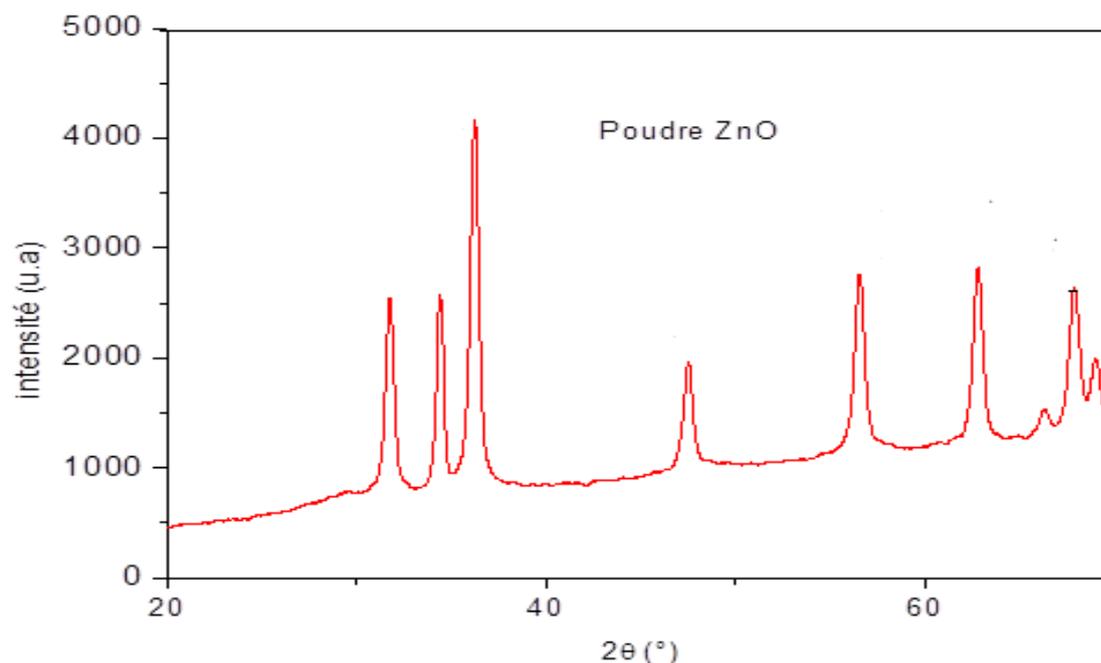


Figure 1 : Spectre DRX de la poudre de ZnO.

#### I.2.1.1. Matériau solide polycristallin

C'est un solide constitué d'une multitude de petits cristaux appelés **cristallites** de taille, de forme et d'orientation variées. Une cristallite est un domaine de matière ayant la même structure qu'un monocristal .

### I.2.1.2. Matériau solide monocristallin

C'est un solide constitué d'un unique cristal.

### I.2.2. Matériau solide amorphe

Un matériau solide amorphe est un solide ne présentant aucune structure atomique ordonnée à moyenne et longue distance. Le spectre de Diffraction de Rayons X (DRX) d'un matériau amorphe montre l'absence des pics de diffractions. Nous représentons sur la figure 2, un spectre DRX du verre de silice  $\text{SiO}_2$ .

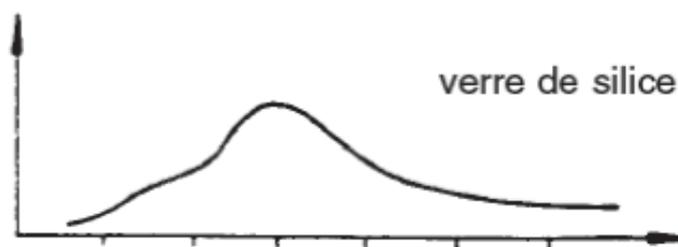


Figure 2 : Spectre DRX du verre de silice.

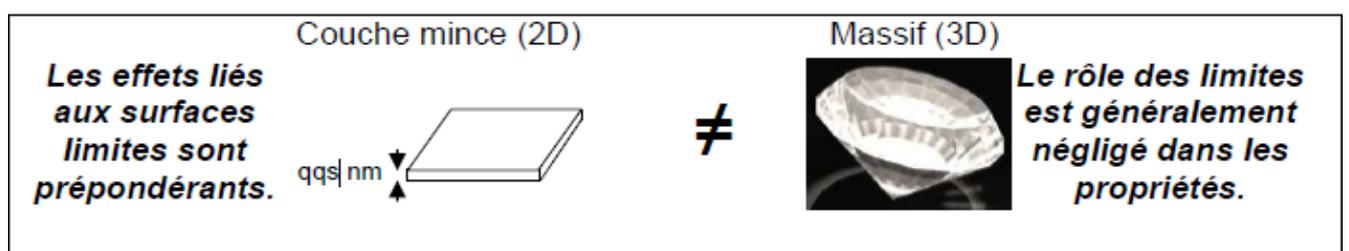
#### Remarque

La plupart du temps la matière est polycristalline

## I.3. Couche mince

### I.3.1. Définition

Une couche mince d'un matériau donné est un élément de ce matériau dont l'une des dimensions (appelée épaisseur) a été fortement réduite. Cette épaisseur (en nanomètres) correspond à la distance entre deux surfaces limites. Cette structure quasi bidimensionnelle entraîne une perturbation de la majorité des propriétés physiques. La figure suivante, représente un exemple d'une couche mince.



Plus l'épaisseur est faible, plus l'effet 2D est exacerbé. Inversement, au-delà d'un certain seuil, l'effet d'épaisseur devient négligeable et le matériau retrouve ses propriétés du matériau massif.

### **I.3.2. Domaines d'application des couches minces (Exemple couches minces de ZnO)**

Les films minces de ZnO sont utilisés dans divers domaines :

- Comme contact électrique transparent pour les cellules solaires en couches minces de silicium amorphe et/ou monocristallin, ainsi ils peuvent être utilisés dans les cellules solaires photovoltaïques ;

- Dans les varistances (composants dont la résistance varie avec la tension appliquée) et dans les dispositifs électroniques tels que les redresseurs et les filtres.

- En télécommunications dans les résonateurs, (pour les communications radio), et dans les traitements d'images ainsi que dans les dispositifs à onde acoustique de surface ;

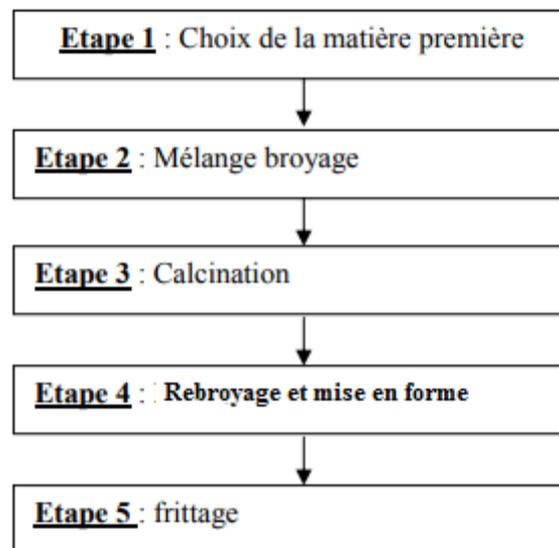
- Les propriétés optiques de ZnO en couche mince sont exploitées dans les capteurs intégrés de guides d'ondes optiques. Il peut être également utilisé pour la fabrication de photodétecteur ultraviolet. Dans ce cas précis les couches sont souvent dopées à l'aluminium et lors de l'illumination par une lumière monochromatique adéquate (350 nm) un photocourant est généré ;

- Leurs propriétés chimiques leur confèrent la particularité de détection de gaz, nous citons l'exemple du gaz de méthane ( $\text{CH}_4$ ) qui est très volatil lorsqu'il est mélangé à l'air, il peut même exploser suite à son inflammabilité. Il est 20 fois plus toxique que le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ). C'est pourquoi des recherches récentes sont en cours pour détecter sa présence dans notre environnement et dans notre atmosphère. P. Bhattacharyya et al ont démontré que le ZnO en couches minces est un très bon candidat pour la détection du méthane.

## I.4. Synthèse des poudres

### I.4.1. Méthode céramique

Dans sa forme la plus simple, la méthode céramique consiste à chauffer un mélange de plusieurs solides (produits de départ) pour les faire réagir et former ainsi le produit désiré. Cette méthode est largement utilisée dans l'industrie et au laboratoire. La méthode céramique est caractérisée par le fait que les solides ne sont pas portés à leur température de fusion et les réactions s'effectuent à l'état solide. Les diverses propriétés des céramiques tiennent autant de la nature intrinsèque du ou des matériaux qui les composent, que des techniques de mise en forme employées. Quelle que soit l'application visée, le procédé d'élaboration des céramiques reste sensiblement le même, et peut être décrit par l'organigramme général de la figure 4, que nous expliquerons étape par étape.



**Figure 4 :** Principales étapes de la fabrication d'une céramique.

#### **Etape 1 : Choix de la matière première**

La première étape consiste à rassembler les matières premières nécessaires à la fabrication de la céramique. Elles se présentent sous forme de poudres et sont en général constituées d'oxydes, de carbonates, de nitrates, ... .

### **Etape 2 : Mélange et broyage**

Il s'agit d'une des phases essentielles du cycle de fabrication d'une céramique. C'est également au cours de cette opération que l'on obtient une répartition uniforme des précurseurs. Les poudres sont pesées suivant les quantités stœchiométriques prévues par l'équation de réaction. L'échantillon de référence est broyé dans un mortier en porcelaine pendant plusieurs minutes.

### **Etape 3 : calcination**

Cette opération a pour but de transformer un mélange de poudres en un matériau de composition et de structure cristalline bien définies, dans ce but, les matériaux sont soumis à cycle thermique.

### **Etape 4 : Rebroyage et mise en forme**

Après le traitement thermique, la poudre est rebroyée afin de réduire la taille des grains, de l'homogénéiser et d'augmenter sa réactivité.

### **Etape 5 : Frittage**

Il consiste à fritter la céramique, c'est à dire, à lui faire subir un cycle thermique qui va permettre cette fois-ci d'éliminer les liants organiques d'une part, et de densifier le matériau d'autre part.

Un exemple d'application de cette méthode est la préparation du sulfure de samarium, SmS. De la poudre de samarium métallique et du soufre pulvérisé sont mélangés et chauffés vers 1000 K (727 °C) sous vide dans un tube de silice. La température d'ébullition du soufre est basse 717 K (444 °C) et un tube sous vide permet d'éviter son élimination du milieu réactionnel. Après le chauffage initial, le produit est homogénéisé et chauffé jusqu'à 2300 K (2027 °C).

❖ **Inconvénients de la méthode**

- Elle met en jeu de hautes températures (2300 K dans l'exemple précédent) qui nécessitent de grandes quantités d'énergie ;
- La lenteur des réactions à l'état solide: le temps de réaction se mesure en heures, et le déroulement des réactions dépend largement du cycle thermique (vitesse d'échauffement et le temps de maintien) ;
- L'hétérogénéité de composition du produit final obtenu.

Afin d'éviter ces inconvénients et synthétiser un produit avec la composition désirée (dépourvu de fluctuation de composition), il est donc important que les matériaux de départ soient bien broyés pour réduire la taille des particules et qu'ils soient très bien mélangés pour avoir une surface de contact maximale et réduire la distance de diffusion des réactifs, et souvent, le mélange réactionnel est prélevé après une calcination préliminaire et rebroyé à nouveau pour renouveler les surfaces en contact et ainsi accélérer la réaction.