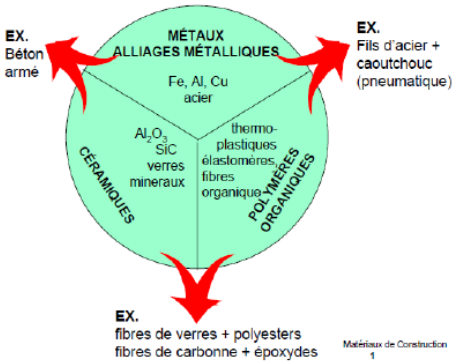
Science des matériaux

Université EL-OUED
BOULIFA Mohammed Iliasse



22/01/2019
1.0

Table des matières

Objectifs 3

I - **Chapitre 1 : Généralités** 4

1. Classification des matériaux 4

1.1. Les métaux et alliages 5
1.2. Les céramiques et les verres 6
1.3. Les polymères 6
1.4. Les matériaux composites 7

2. Exercice : Question 7

3. Domaines d'utilisations 7

4. Exercice : Question 1 8

5. Exercice : Question 2 8

6. Structure des matériaux 8

7. Exercice : Question 9

8. Notions de cristallographie 9

8.1. Structure réticulaire (Réseau cristallin) 10
8.2. Maille élémentaire (maille cristallin) 11
8.3. Motif 11
8.4. types de mailles cristallins 12
8.5. Directions et plans cristallographiques 12

9. exercice 14

Objectifs

A l'issu de ce chapitre l'étudiant sera capable de :

- Classer les matériaux selon la composition chimique et la structure
- Sélectionner les matériaux pour une bonne utilisation
- Différencier entre les propriétés des corps cristallin et les corps amorphe
- Expliquer les notions de base de cristallographie

Chapitre 1 : Généralités

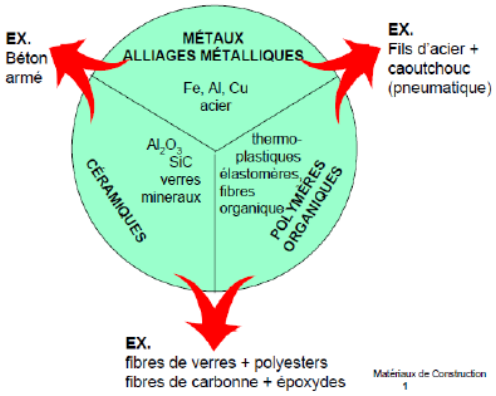
Classification des matériaux	4
Exercice : Question	7
Domaines d'utilisations	7
Exercice : Question 1	8
Exercice : Question 2	8
Structure des matériaux	8
Exercice : Question	9
Notions de cristallographie	9
exercice	14

1. Classification des matériaux

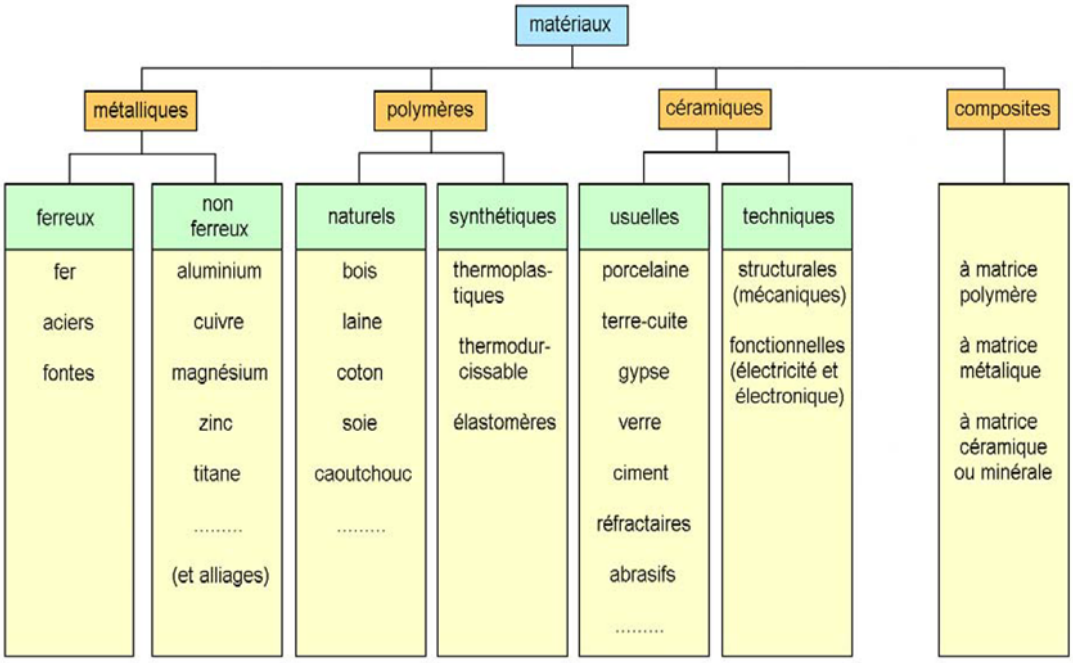
Les métaux et alliages	5
Les céramiques et les verres	6
Les polymères	6
Les matériaux composites	7

Les matériaux peuvent être classés selon leurs *compositions chimique et structures atomique*.

On peut distinguer :les métaux et alliages,les céramiques et les verres,les polymères et les matériaux composites.



Classification des matériaux



Principales familles de matériaux

Cf. "matériaux 01 introduction"

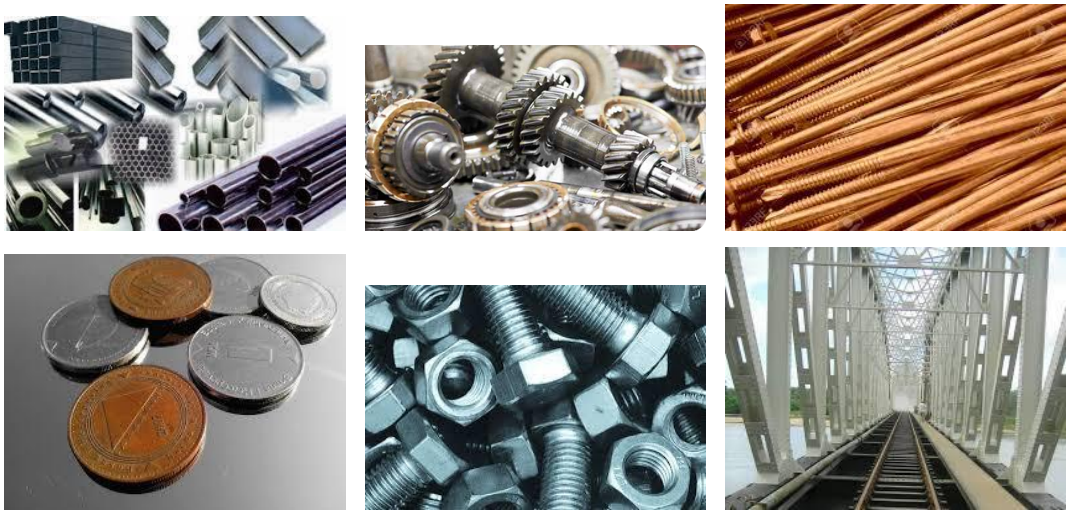
1.1. Les métaux et alliages

Les matériaux métalliques, faisant intervenir une liaison métallique : *matériaux durs, rigides et déformables plastiquement*. Ce sont des *métaux ou des alliages métalliques*, peuvent être classé en *métaux ferreux* : fontes, aciers, et en *métaux non ferreux*: aluminium, cuivre, bronze, etc.

Les métaux et leurs alliages sont ordinairement bons conducteurs de la chaleur, de l'électricité, opaques à la lumière visible qu'ils réfléchissent.

[cf. Les métaux et leurs alliages]

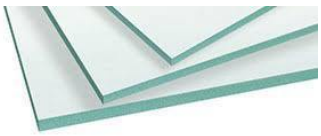
pieces métalliques



1.2. Les céramiques et les verres

Les matériaux minéraux ou céramiques, liaison ionique et liaison covalente : *matériaux inorganiques caractérisés par leur résistance mécanique et thermique (réfractaires)*. Ce sont des roches, des céramiques ou des verres : porcelaine, pierre naturelle, plâtre, etc.

pièces en céramique et verres



1.3. Les polymères

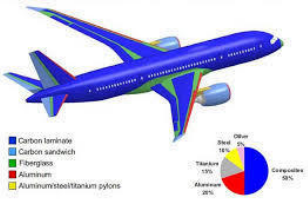
Les matériaux organiques ou polymères organiques, liaison covalente et liaison secondaire : *matériaux constitués de molécules formant de longues chaînes de carbone, matériaux faciles à mettre en forme* , ils supportent rarement des températures supérieures à 200 °C. Ce sont des matériaux d'origine animale, végétale ou synthétique : bois, coton, laine, papier, carton, matière plastique, caoutchouc, cuir, etc. Ce sont presque toujours des isolants thermique et électrique.

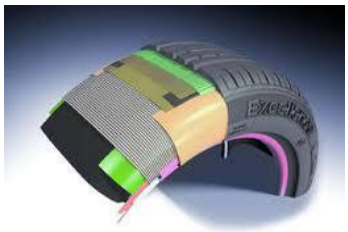
polymères

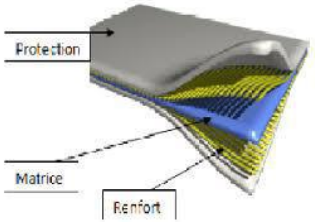
1.4. Les matériaux composites

Les matériaux composites sont des assemblages d'au moins deux des trois types de matériaux déjà cités, non miscibles : plastiques renforcés de fibre de verre, fibre de carbone, contreplaqué, béton, béton armé.

composites







2. Exercice : Question

Placer les matériaux ci-dessous dans les endroits appropriés par l'opération"glisser-déposer puis cliquer sur correction"

cuivre | aluminium | bois | béton | fibres de verre | acier | caoutchouc | abrasifs | plastique | verres

métalliques	polymères	céramiques	composites

3. Domaines d'utilisations

Voici quelques applications des grandes classes de matériaux :

- *les métaux et alliages* : mobilier urbain en acier galvanisé, tôles en acier, filtres, électrodes de batterie, coupe-flammes en mousse métallique, etc.
- *les céramiques et les verres* : vitres, disques de frein en carbone-céramique, outils de machine-outil en carbure de tungstène, pot catalytique en zircone, etc. ;
- *les polymères* : bouteilles d'eau en polytéréphtalate d'éthylène (PET), CD en polycarbonate (PC), vêtements en polyéthylène (PE), Rilsan, Gore-tex, bouteilles de lait, canalisations en polyéthylène haute densité (PEHD), pièces mécaniques en polyamide, mousses d'isolation en polyuréthane (PUR), sacs biodégradables en acide polylactique (PLA), etc. ;
- *les composites* : coques de bateaux, pales d'hélicoptères, aubes de turbine, casques de moto, skis, surfs, planches à voile, arbres de transmission, etc. ;

Remarque

Le développement de la protection de l'environnement et du recyclage encourage les entreprises à rechercher de nouveaux matériaux, comme les matériaux biodégradables. L'acide polylactique, extrait de végétaux comme la betterave ou le maïs, en est un bon exemple. Il est actuellement utilisé pour les fils de suture résorbables, pour remplacer les sacs plastiques, ou encore pour les boîtes plastiques.

4. Exercice : Question 1

les électrodes de batterie sont des polymères

« choisir "oui" ou " "non", puis cliquer sur le bouton correction »

- oui
- non

5. Exercice : Question 2

les outils de machine-outil en carbure de tungstène sont des matériaux céramiques

« choisir "oui" ou " "non", puis cliquer sur le bouton correction »

- oui
- non

6. Structure des matériaux

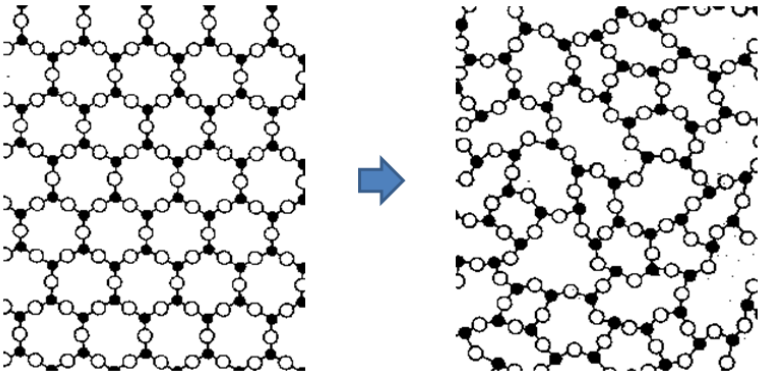
Par structure cristalline *on entend l'arrangement des atomes dans un cristal*. Un cristal est défini comme étant un corps solide qui a une structure réticulaire et se composant d'atomes (ions) répartis suivant une succession déterminée qui se produit périodiquement dans les trois dimensions. *L'absence de structure réticulaire caractérise le corps amorphe*.

Les propriétés des corps amorphes diffèrent largement de celle des corps cristallin. *Les corps amorphes sont caractérisés par la disposition chaotique de leurs atomes ce qui donne une structure interne désordonnée (comme un liquide)*. Un corps amorphe n'a pas de forme géométrique naturelle, ils sont assimilés à des liquides figés. Les corps amorphes sont caractérisés par :

- L'absence d'une température de fusion nettement déterminée.

- L'isotropie (mêmes propriétés dans les différentes directions) surtout les propriétés physiques.

On trouve ainsi une différence caractéristique dans les courbes de refroidissement des corps amorphes et cristallins, le refroidissement des corps amorphes se traduit par une courbe décroissante et continue



structure d'un matériaux

Remarque

Aujourd'hui les solides amorphes représentent un grand intérêt dans le domaine de la technologie. Les semi-conducteurs amorphes peuvent remplacer des composants électroniques. Des mémoires d'ordinateurs ont étés élaborées à partir de matériaux amorphes.

7. Exercice : Question

Les propriétés des corps amorphes sont :

« choisir "la bonne réponse", puis cliquer sur le bouton correction »

- ☐ identiques à celle des corps cristallin
- ☐ peu diffèrent de celle des corps cristallin
- ☐ diffèrent largement de celle des corps cristallin

8. Notions de cristallographie

La cristallographie est une science qui étudie les cristaux c'est à dire *la formation, la croissance, la*

forme extérieure, la structure interne et les propriétés physiques de la matière cristallisée. la cristallographie se dégagea progressivement de la minéralogie et se rapprocha de la physique et de la chimie en devenant une science indépendante

les corps cristallins sont caractérisés par les propriétés suivantes :

a. Ils sont caractérisés par tune certaine anisotropie (les propriétés physiques ne sont pas les mêmes dans les différentes directions), l'anisotropie peut être constatée à l'échelle macro et microscopique.

b. Un matériau cristallin peut présenter soit :

- Un monocristal (cristal unique) par exemple le cristal de quartz, de diamant etc.

- Un polycristal ou une agglomération de petits cristaux (échantillon d'acier).

c. Les cristaux sont caractérisés par des faces planes, des arêtes rectilignes et des sommets tels :

$F + S = A + 2$

F : faces, S : sommets, A : arêtes.

Les faces sont caractérisées pat deux lois : Si l'on rapporte les différentes faces d'un cristal à un système de coordonnées à 3 dimensions, la position dune face quelconque peut toujours être exprimée par trois nombres entiers simples. Si on fait intervenir la notion de réseau tridimensionnel, la position de tout point du réseau peut être indiquée par des coordonnées par rapport à un système d'axes dont l'origine est placée en noeud du réseau.

d. La plupart des cristaux se comportent dune façon inattendue par rapport à la lumière. Les rayons lumineux se propagent à des vitesses différentes dans les milieux cristallins.

e. Les propriétés d'un cristal peuvent avoir la même valeur dans plusieurs directions et l'on décèle suivant ces directions une symétrie de diverses natures.

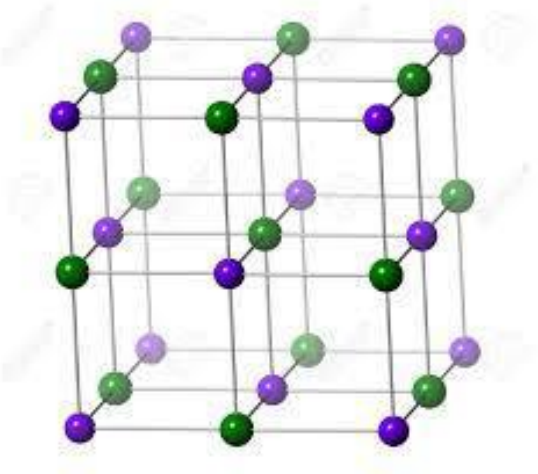
8.1. Structure réticulaire (Réseau cristallin)

Pour expliquer les particularités observées dans les cristaux, on doit admettre que tout corps cristallin a une structure ordonné réticulaire qui est indépendante de la nature et de la forme des particules matérielles élémentaires constituant le cristal.

Un réseau cristallin est constitué par un *assemblage d'atomes (ions) arrangés suivant un motif qui se reproduit périodiquement dans les trois dimensions*. Donc un réseau cristallin est un réseau spatial imaginaire ayant pour *noeuds les atomes (sommets des parallélépipèdes)*. Les droites passant par ces noeuds sont appelées rangés.

Tous les noeuds sont groupés dans des plans parallèles équidistants appelés plans réticulaires, la distance entre deux plans voisins de la même famille est la distance inter-réticulaire.

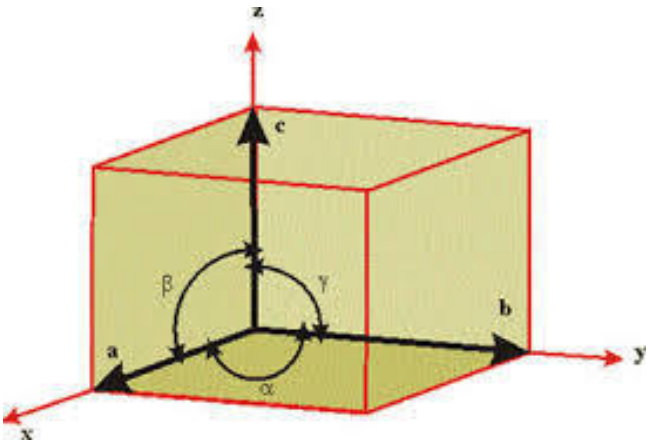
Tous les parallélépipèdes qui ont pour sommets les noeuds sont appeler maille du réseau, c'est à dire le volume minimal d'un cristal qui permet de juger de la structure atomique du volume tout entier s'appelle maille cristalline élémentaire



Réseau cristallin

8.2. Maille élémentaire (maille cristallin)

Maille élémentaire : c'est aussi le plus petit parallélépipède qui permet de reproduire tous les réseaux tridimensionnels par translation continue de ces éléments suivant les trois directions. Un réseau cristallin d'un solide est composé d'un nombre infini de mailles élémentaires à l'intérieur desquelles les atonies sont disposés dans un ordre bien défini.



maille élementaire

8.3. Motif

c'est la reproduction indéfiniment et régulièrement des atomes ou ions dans le cristal, l'ensemble régulier de motifs est appelé réseau :

- Contrairement au motif le noeud n'a pas de réalité physique.

- La rangée du réseau est un ensemble de noeuds alignés, c'est une droite passant par des noeuds du réseau. La distance qui sépare deux noeuds consécutifs d'une ranges est appelée période ou paramètre de rangée.

8.4. types de mailles cristallins

Parmi les systèmes cristallins, on trouve le :

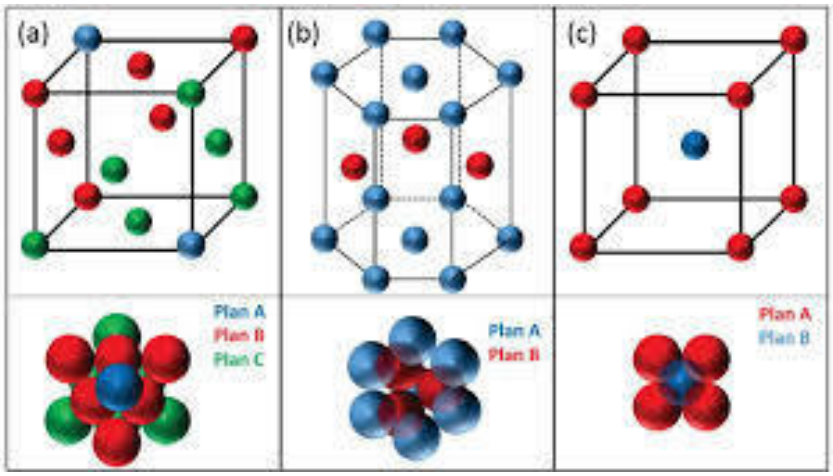
• *Maille cubique* :

- Maille cubique simple : atomes présents uniquement aux points du réseau.

-Système cubique centré (système CC) : il y a un atome supplémentaire au centre du cube.

- Maille cubique faces centrées (système CFC) : chaque face comporte un atome au centre de celle-ci.

• *Maille hexagonal* : le système hexagonal peut se décomposer en prismes à base losangique.



cristals

Cf. "réseau motif population multiplicité et coordinence"

8.5. Directions et plans cristallographiques

Pour une structure cubique, du fait de la périodicité du réseau, on peut repérer tout atome du réseau cristallin à l'aide d'indices entiers (x,y et z), et tout plan du réseau cristallin par des indices entiers (indices de Miller), notés généralement *(h k l)* pour les plans et *[uvw]* pour les directions.

8.5.1. Directions cristallographiques

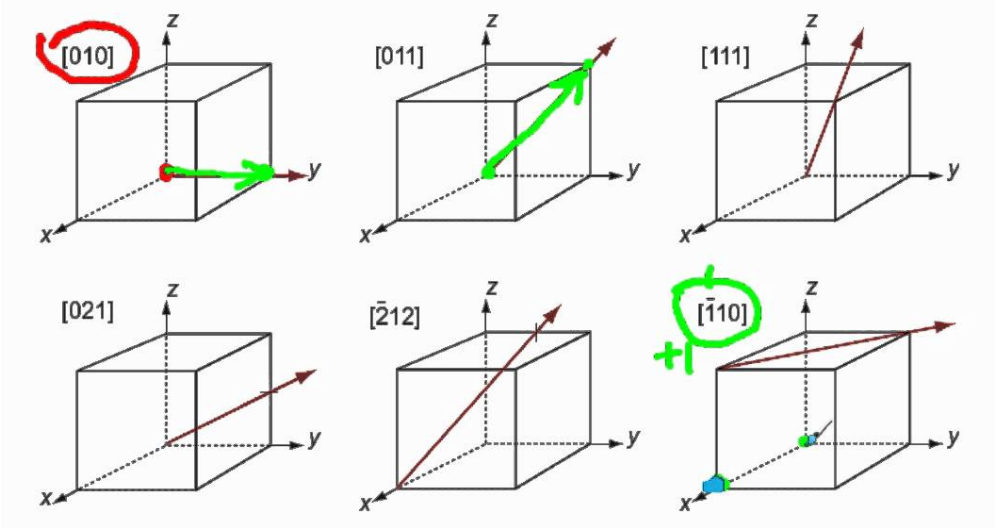
Méthode pour désigner une direction :

1) Tracer dans la maille élémentaire un vecteur parallèle à la direction et passant par l'origine ;

2) Projeter le vecteur sur les axes et exprimer ses coordonnées dans la base (a, b, c) ;

3) Ramener ces coordonnées à des valeurs entières, les plus petites possibles ;

4) Noter la direction de la façon suivante : [uvw] (indices de Miller de la direction)



Directions cristallographiques

8.5.2. Plans cristallographiques

Méthode pour désigner un plan :

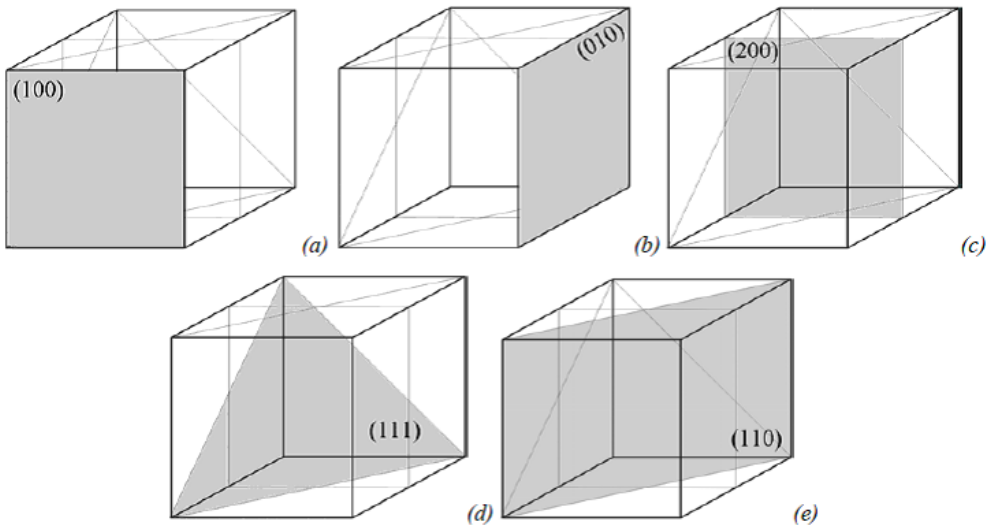
1) Dessiner un plan dans la maille élémentaire qui ne passe pas par l'origine ;

2) Exprimer les coordonnées des points d'intersection du plan avec les 3 axes dans la base (a, b, c) ;

3) Prendre l'inverse de ces coordonnées (uniquement pour les plans) ;

4) Ramener ces coordonnées à des valeurs entières, les plus petites possibles ;

5) Noter le plan de la façon suivante (hkl) (indices de Miller du plan)



plans cristallographoques

Cf. "calcul des indices de Miller"

9. exercice

Question

Déterminez le nombre d'atome dans les systèmes cubique simple, cubique centré ,cubique à face centrées et hexagonal compacte ?