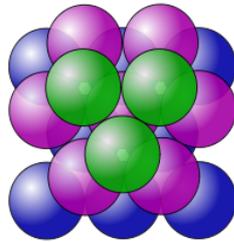
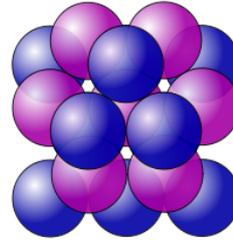


Les structures métalliques



Cubique à faces centrées ABC



Hexagonal compact ABA

I- Introduction :

Les métaux sont des solides cristallisés qui peuvent être assimilés à un assemblage de sphères rigides.

- ✦ La nature des forces de liaisons qui maintiennent unis les atomes dans un métal est de même type que la liaison covalente, c'est-à-dire mise en commun d'électrons. Cette liaison maintient la cohésion du cristal et explique la forte température de fusion de ce type de composés.
- ✦ Les atomes des métaux sont peu électronégatifs, ils perdent facilement leurs électrons de valences. Ces électrons forment un nuage ou un gaz d'électrons. Ceci explique la forte conductivité des métaux.....

A partir de ces constatations il ressort que les propriétés physiques de ce type de solides (solides métalliques) sont directement liées à leurs structures cristallines et donc à l'agencement des atomes dans les cristaux.

Expliquer les propriétés physiques des solides métalliques revient à expliquer l'organisation des atomes dans leurs structures cristallines!

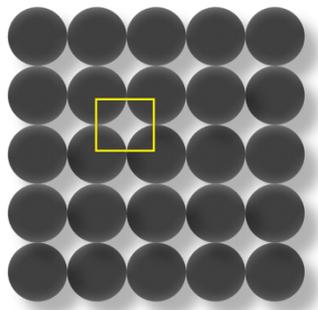
Structurellement, les métaux forment des structures compactes correspondant à l'entassement de densité maximale de sphères rigides. Suivant le type de disposition de ces sphères et leur empilement on obtient trois symétries différentes :

- ✦ *Système semi compact : cubique centré noté : **CC***
- ✦ *Système compact : Hexagonal compact noté : **HC***
- ✦ *Système compact : Cubique à faces centrées noté : **CFC***

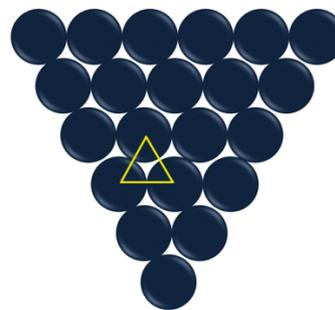
II- Disposition carrée : système semi-compact : Cubique Centré CC:

Il existe deux façons d'agencer les sphères rigides qui peuvent représenter les atomes métalliques :

- Disposition carrée où les atomes s'agencent en générant des vides de forme carrée.
- Disposition triangulaire où les atomes s'agencent en générant des vides de forme triangulaire.



Disposition carrée



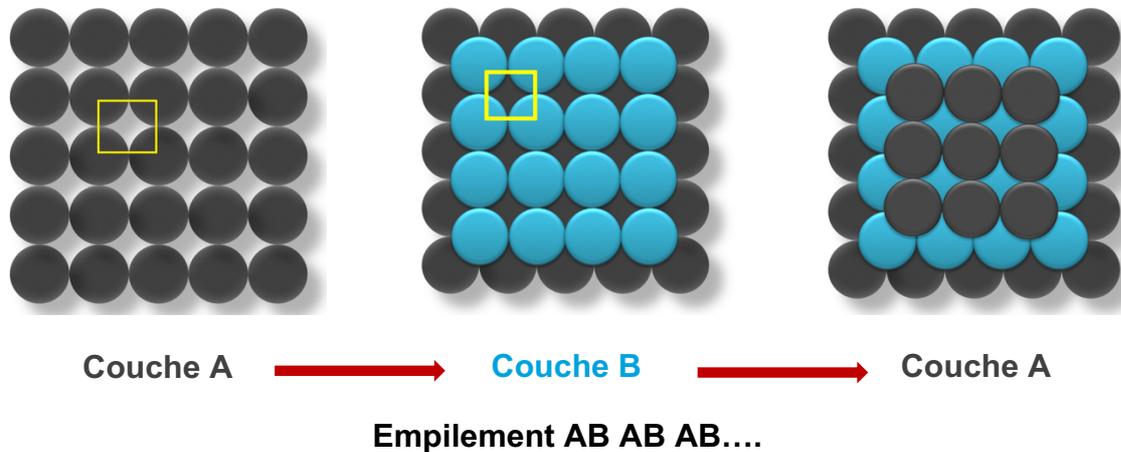
Disposition triangulaire

Nous nous intéresserons dans ce premier paragraphe à la disposition carrée qui donné naissance à un système semi-compact : **Le cubique centré CC.**

1- Séquence d'empilement :

Les structures compactes sont obtenues en empilant des couches d'atomes, assimilés à des sphères rigides, de manière que les atomes de la couche supérieure soient placés dans les "vides" ou interstices de la couche inférieure. D'après la figure 2 :

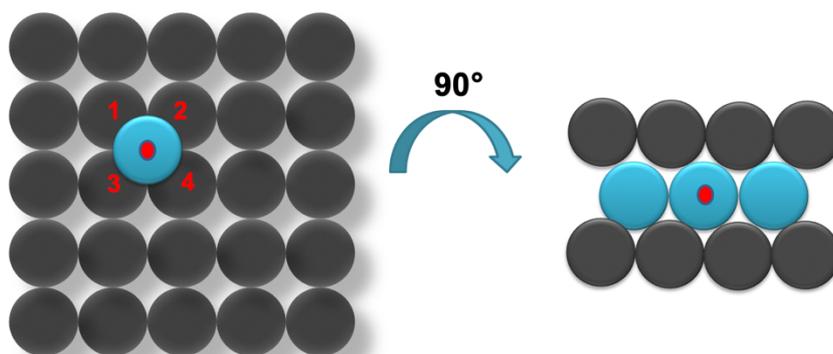
- La première couche a des atomes en A (**couche A**) assemblés en disposition carrée créant ainsi des vides de la même forme.
- les atomes de la seconde couche peuvent se trouver dans ces vides appelés interstices (**couche B**).
- La troisième couche a des atomes qui occupent les interstices de la couche B et de ce fait, se superposent exactement sur les atomes de la couche A. **La séquence d'empilement est alors AB AB AB...**



2- Calcul de la coordinence :

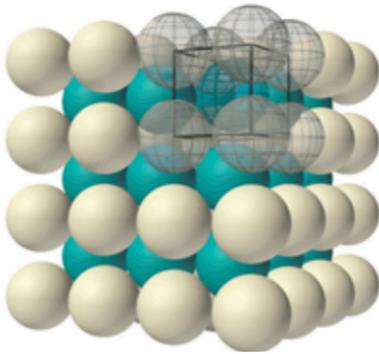
Par définition, la coordinence d'un atome est le nombre de plus proches voisins à la même distance suivant les trois directions de l'espace.

Si on considère l'atome bleu avec un cercle rouge dans la figure ci-dessous, on constate qu'il est entouré, à la même distance, par 4 atomes dans la couche A du bas et 4 atomes dans la couche A du haut. **On obtient donc une coordinence pour cet atome égale à 8.**

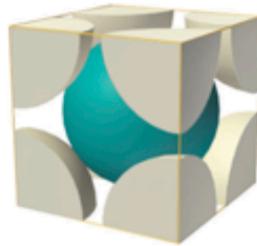


3- Symétrie de l'empilement AB AB... dans une disposition carrée:

La maille décrivant cet empilement est une maille cubique centrée I, qu'on peut noter aussi **CC**

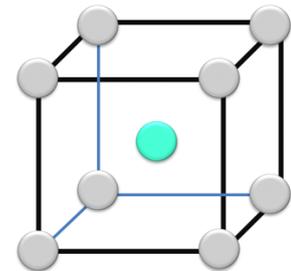


Empilement AB AB....



Maille Cubique centrée (CC)

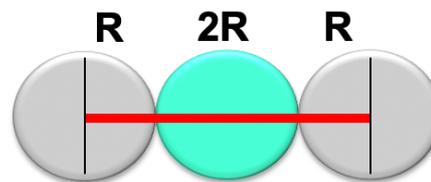
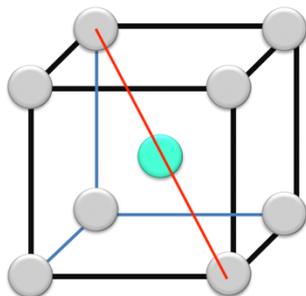
Modèle compact



Maille Cubique centrée (CC)

Modèle éclaté

- Coordonnées des atomes : au sommet (**000**) et au centre de la maille (**1/21/21/2**).
- Calcul de la multiplicité : $Z = 8 \times 1/8 + 1 = 2$.
- Détermination de la rangée de densité maximale : La rangée de densité maximale est la rangée qui contient le plus grand nombre d'atomes. Dans cette symétrie c'est la rangée [111] qui passe par l'atome central et contient donc le plus grand nombre d'atomes : **on dit que la rangée [111] est la rangée de densité maximale.**



Rangée de densité maximale

◆ Relation rayon atomique-paramètre de maille :

A partir de la rangée de densité maximale et de la figure 5, on peut écrire que :

$$4R = a\sqrt{3} \text{ d'où } R = \frac{a\sqrt{3}}{4}$$

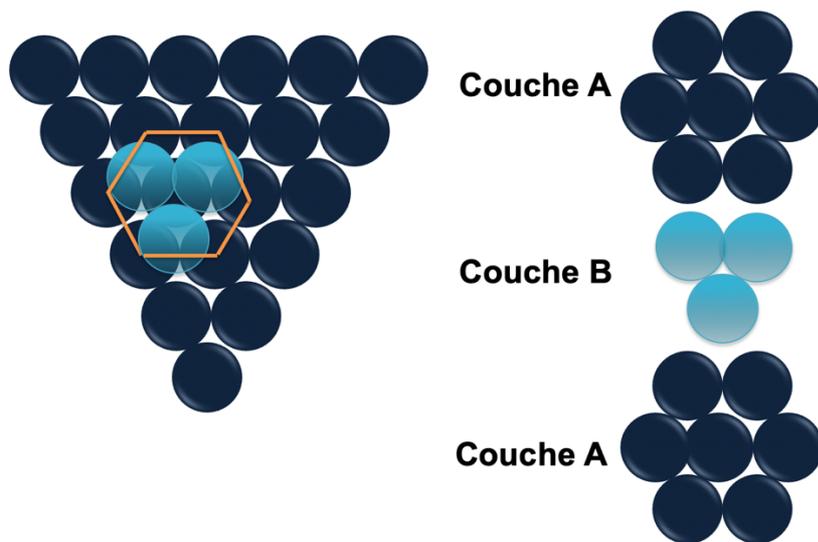
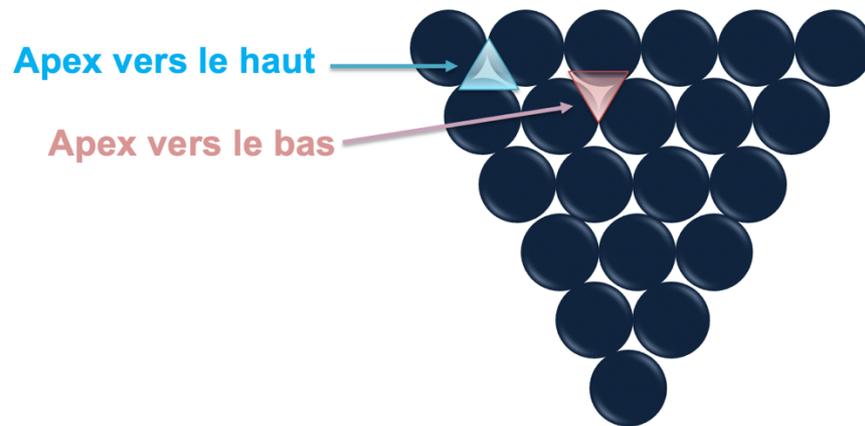
III- Disposition triangulaire :

1- Système Hexagonal compact HC :

4- Séquence d'empilement :

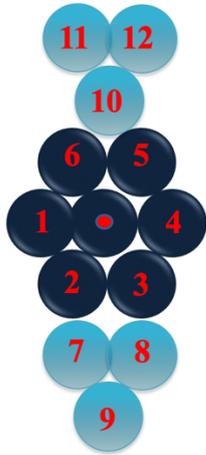
D'après la figure suivante

- ◆ La première couche a des atomes en A (**couche A**) assemblés en disposition triangulaire créant ainsi deux types de vides représentés par des triangles « *apex vers le haut* » et des triangles « *apex vers le bas* ».
- ◆ Pour les atomes de la seconde couche, ils peuvent se trouver dans un seul type de vide, soit apex vers le haut ou apex vers le bas (**couche B**).
- ◆ Pour la troisième couche on a deux possibilités :
 - Les atomes occupent le même type d'interstices que les atomes de la couche B et de ce fait, on obtient une couche décalée par rapport à la couche A appelée **couche C**. **La séquence d'empilement est alors ABC ABC ABC...** (Système cubique à faces centrées CFC).
 - Les atomes de la troisième couche occupent le deuxième type d'interstices, différent par rapport à ce qui a été occupé par les atomes de la couche B. On obtient dans ce cas une couche qui se superpose parfaitement avec la couche A. **La séquence d'empilement est alors AB AB AB...** (Système hexagonal compact HC).



Empilement AB AB dans une disposition triangulaire

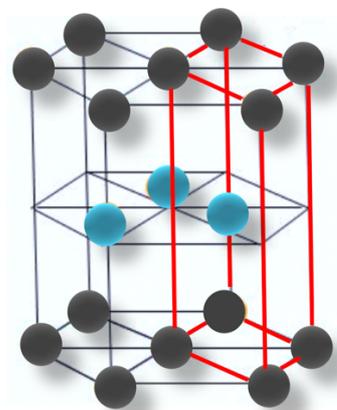
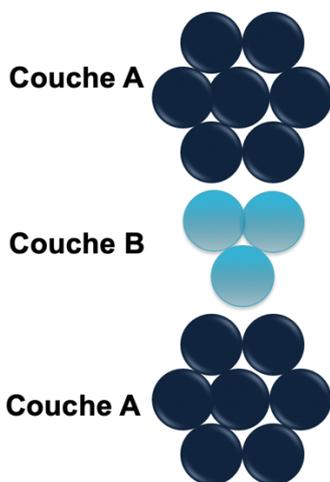
5- Calcul de la coordinnence :



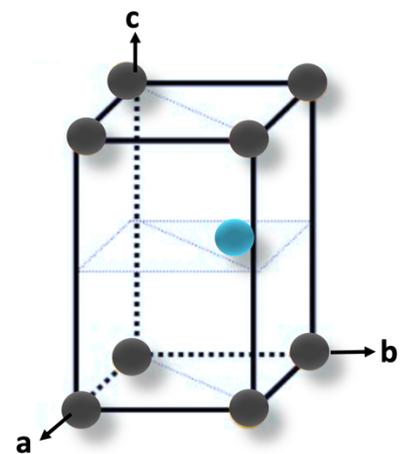
Si on considère l'atome avec le point rouge et qu'on compte le nombre de plus proches voisins, on trouve 6 dans le même plan (A), 3 dans le plan B du bas et 3 autres dans le plan B du haut ce qui nous fait une coordinnence pour cet atome de 12.

6- Symétrie de l'empilement AB AB... dans une disposition triangulaire :

La maille décrivant cet empilement est une maille hexagonale compacte, qu'on peut noter aussi **HC**.



**Maille hexagonale (HC)
Grande maille (GM)**



**Maille hexagonale (HC)
Maille élémentaire (ME)**

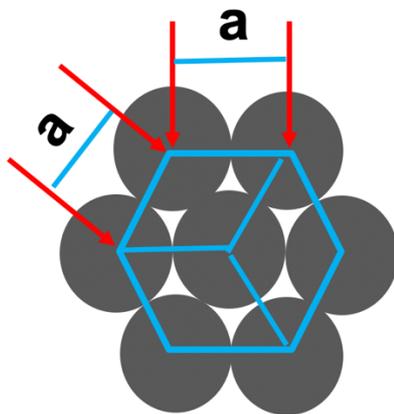
Le volume de la grande maille est 3 fois le volume de la maille élémentaire ($V_{GM} = 3V_{ME}$)

◆ Coordonnées des atomes : au sommet **(000)** et au centre de la maille **(1/3 2/3 1/2)** ou **(2/3 1/3 1/2)**.

◆ Calcul de la multiplicité :

- Dans la grande maille : $Z_{GM} = 12 \times 1/6 + 2 \times 1/2 + 3 = 6$.
- Dans la maille élémentaire : $Z_{ME} = 4 \times 1/6 + 4 \times 1/12 + 1 = 2$.

◆ Détermination de la rangée de densité maximale : les rangées de densité maximale sont la rangée [110] et [100].



Tous les axes en bleu correspondent à l'axe **a** et c'est suivant cet axe qu'on trouve la rangée de densité maximale et où les atomes sont serrés et se touchent.

◆ Relation rayon atomique-paramètre de maille :

A partir de la rangée de densité maximale et de la figure 8, on peut écrire que :

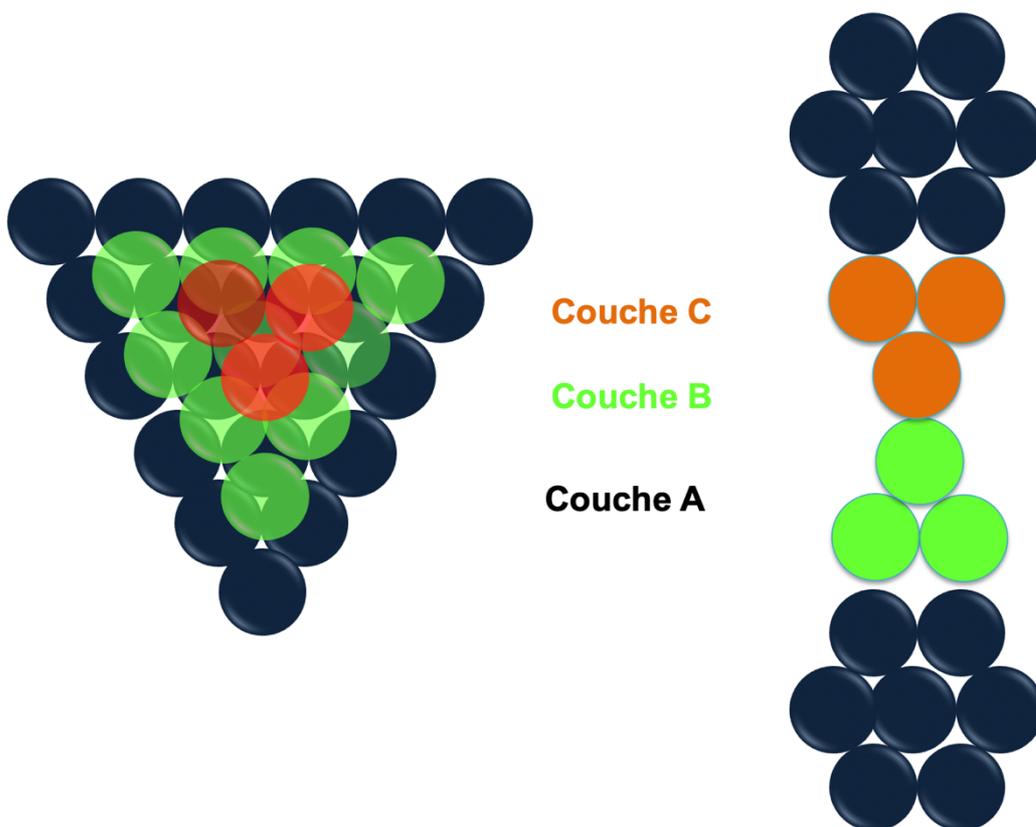
$$a = 2R$$

2- Système cubique à face centrée CFC :

7- Séquence d'empilement :

◆ La première couche a des atomes en A (**couche A**) assemblés en disposition triangulaire créant ainsi des vides triangulaires de deux types.

- ✦ Pour les atomes de la seconde couche, ils peuvent se trouver dans un seul type de vide (**couche B**).
- ✦ Pour la troisième couche, les atomes occupent le même type d'interstices que les atomes de la couche B et de ce fait, on obtient une couche décalée par rapport à la couche A appelée **couche C**. **La séquence d'empilement est alors ABC ABC ABC...** (Système cubique à faces centrées CFC).



Empilement ABC ABC... dans une disposition triangulaire

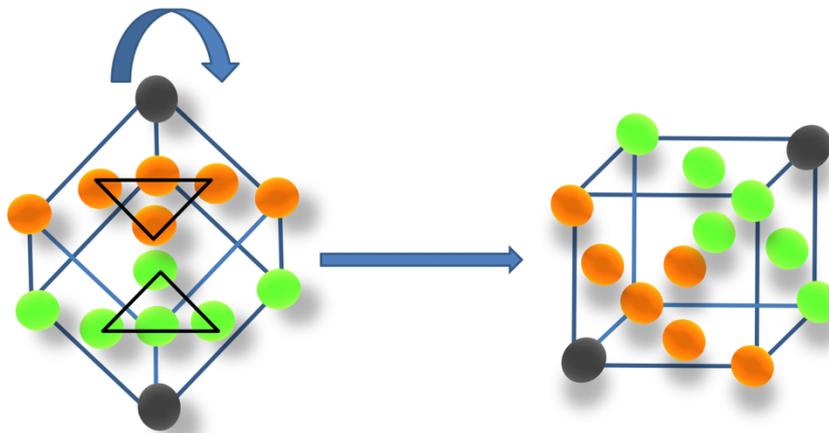
8- Calcul de la coordinence :



Si on considère l'atome avec le point rouge et qu'on compte le nombre de plus proches voisins, on trouve 6 dans le même plan (A), 3 dans le plan C du bas et 3 autres dans le plan B du haut ce qui nous fait une coordinence pour cet atome de **12**.

9- Symétrie de l'empilement ABC ABC... dans une disposition triangulaire :

La maille décrivant cet empilement est une maille cubique à faces centrées :

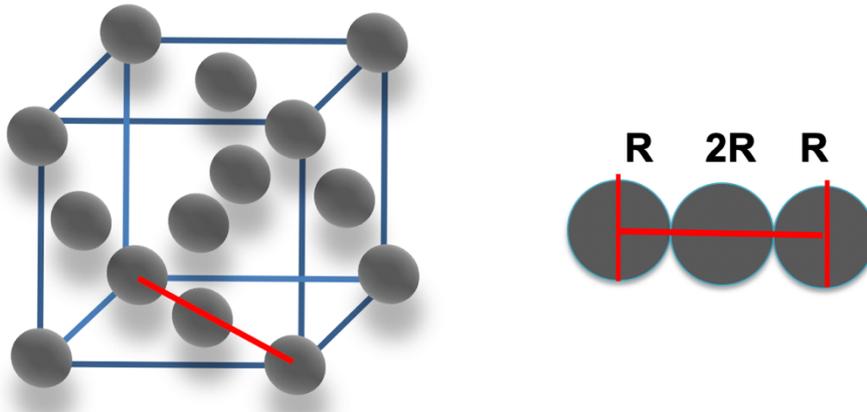


Maille cubique à faces centrées (CFC)

◀ Coordonnées des atomes : au sommet **(000)** et au centre des faces **(001/2), (01/20) et (1/200)**.

◀ Calcul de la multiplicité : $Z = 8 \times 1/8 + 4 \times 1/2 = 4$.

◀ Détermination de la rangée de densité maximale : la rangée de densité maximale est la rangée [110].



◀ Relation rayon atomique-paramètre de maille :

A partir de la rangée de densité maximale et de la figure 11, on peut écrire que :

$$4R = a\sqrt{2} \text{ d'où } a = \frac{4R}{\sqrt{2}}$$