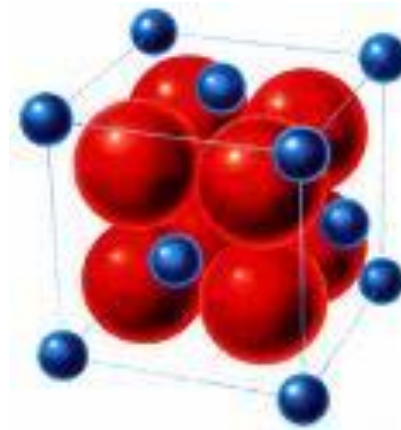


S1

# STRUCTURE DE LA MATIERE

► Pr REGRAGUI Anissa



2022-2023

# **Introduction**

## **1- Atomes et liaisons chimiques**

### **1-1. Structure de l'atome**

### **1-2. Classification périodique des éléments**

### **1-3. Les liaisons chimiques**

## **2- Structure de l'état solide**

## **3- Les polymères**

## **Conclusion**

# **Introduction:**

## **1- Atomes et liaisons chimiques**

## **2- Structure de l'état solide**

### **2-1- Etats physiques des matériaux**

### **2-2- Description du cristal parfait**

### **2-3- Structure des principaux matériaux**

### **2-4- Cristaux réels – Défauts cristallins**

## **3- Les polymères**

## **Conclusion**

# Introduction

**1- Atomes et liaisons chimiques**

**2- Structure de l'état solide**

**3- Les polymères**

**3-1- Généralités sur les polymères**

**3-2- Polyadditions**

**3-3- Polycondensations**

**3-4- Propriétés et usage des polymères:**

**Conclusion**



# Introduction

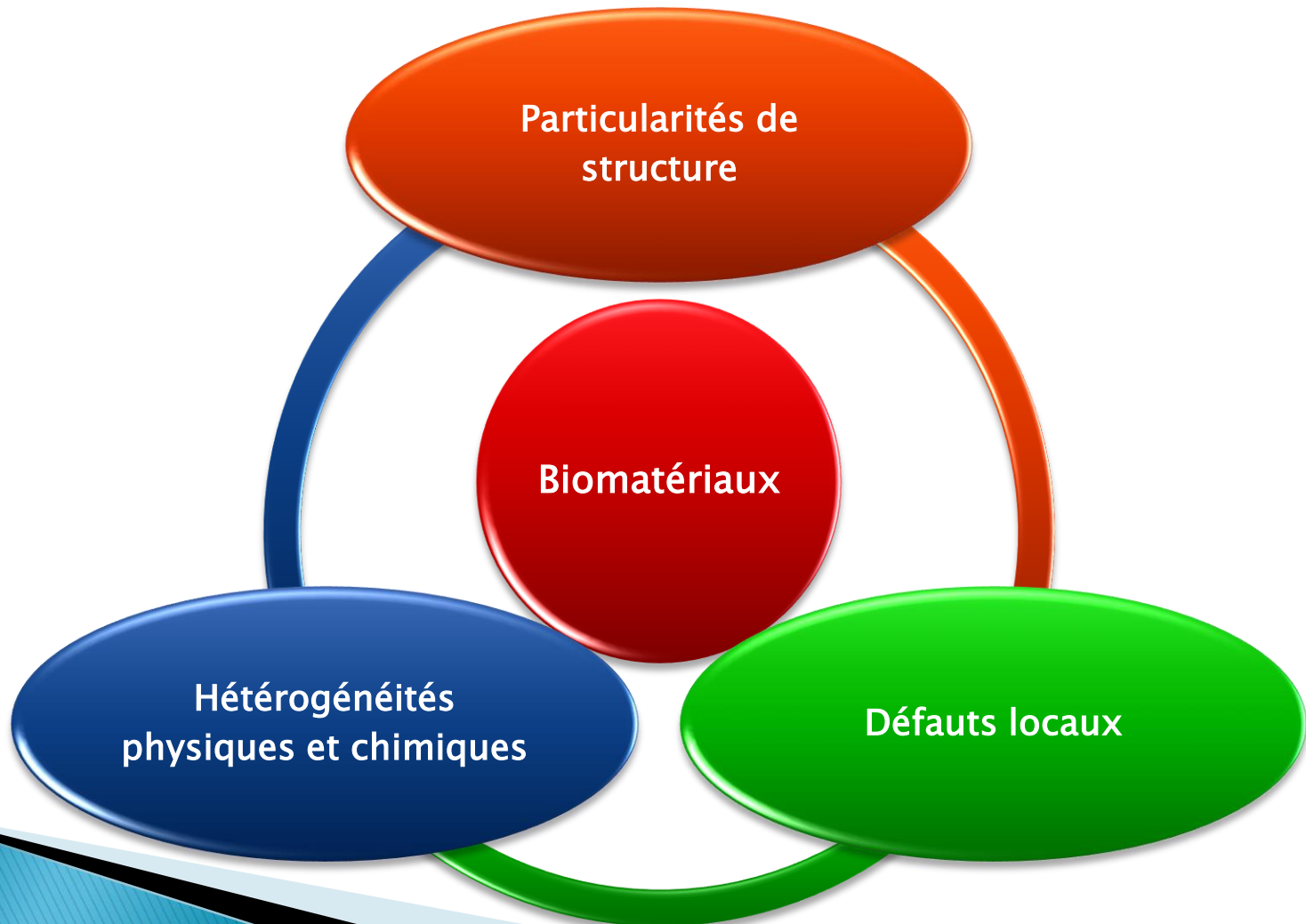
Sur le plan structural, la science des matériaux s'est développée au début du 20<sup>e</sup> siècle après la mise en évidence de la **diffraction des rayons X** par la matière, révélant ainsi **l'architecture atomique des édifices cristallins.**

Les métaux ne furent plus les seuls matériaux étudiés, et des recherches furent entreprises sur les céramiques et les polymères synthétiques.

# Introduction

Les propriétés de tous les matériaux résultent à la fois de la nature des éléments, mais aussi de **l'arrangement plus ou moins ordonné des atomes** qui les constituent, des **imperfections** qu'on y rencontre et des **liaisons interatomiques**.

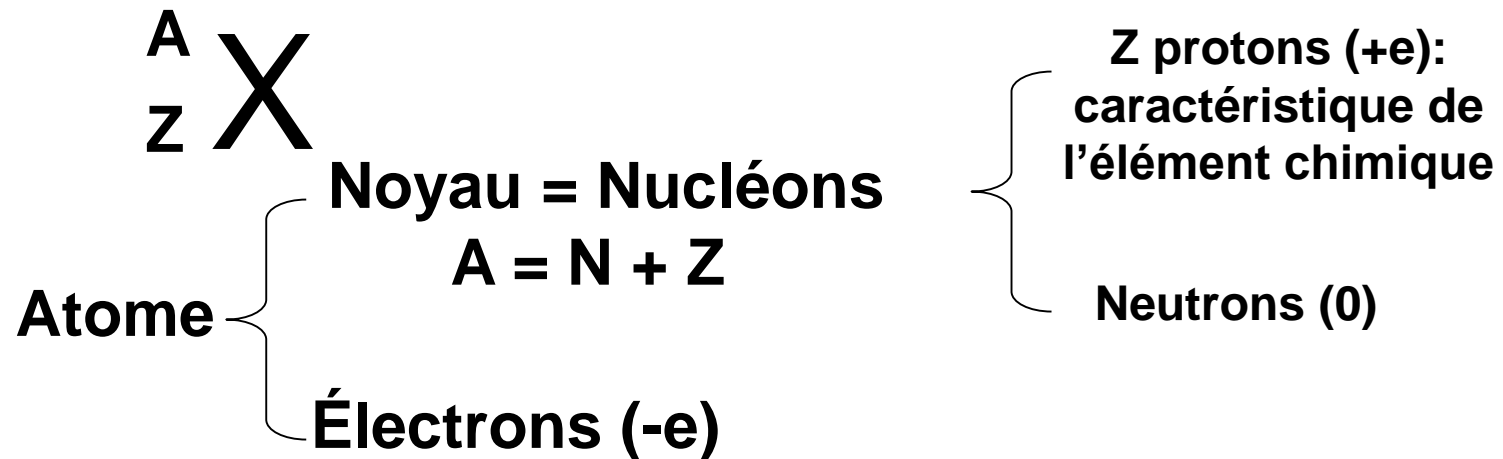
# Introduction



# 1- Atomes et liaisons chimiques

## 2-1. Structure de l'atome:

**Atome = unité de base de la matière**

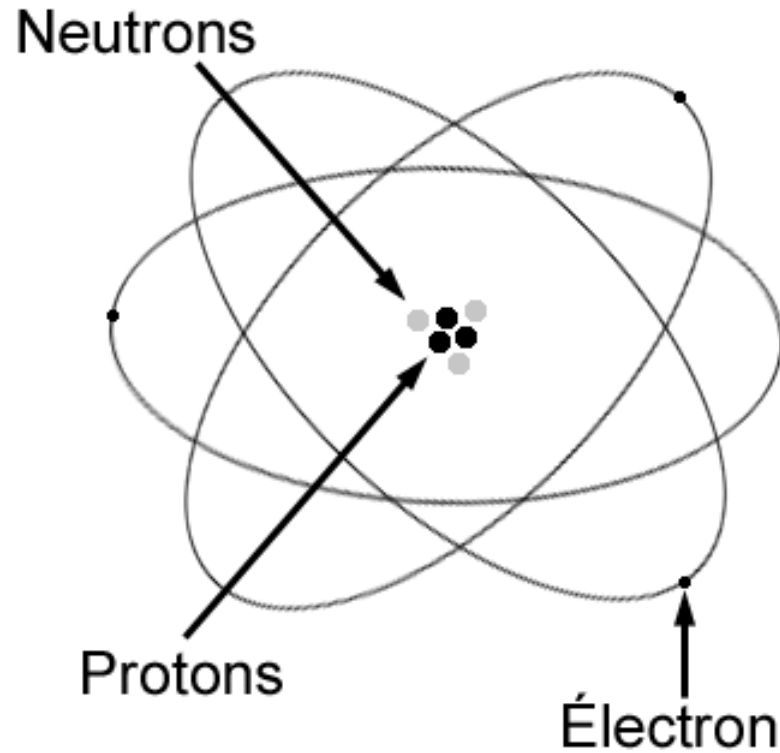


**Z = Numéro atomique**

**A = Nombre de masse**



# Atome



**Noyau dense entouré d'électrons en mouvement**

**La matière est constituée de vide**

# 1- Atomes et liaisons chimiques

## 1-1. STRUCTURE DE L'ATOME

$$1 \text{ \AA} \leq r_{\text{atome}} \leq 2 \text{ \AA}$$

$$r_{\text{atome}} > r_{\text{noyau}}$$

particule	découverte	masse	charge
Électron	Thomson (1897)	$9,110 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$	$-1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Proton	Rutherford (1910)	$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$	$+1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Neutron	Chadwick (1932)	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$	0





















# 1-2- CLASSIFICATION PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS

Classification périodique des éléments

	1																18	
I	1 H	2																2 He
II	3 Li	4 Be										5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	
III	11 Na	12 Mg										13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	
IV	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
V	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
VI	55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
VII	87 Fr	88 Ra	89 Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt									

VI	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
VII	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

# 1-2- CLASSIFICATION PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS

	Groupe I	Groupe II	Groupe III	Groupe IV	Groupe V	Groupe VI	Groupe VII	Groupe VIII
1 <sup>re</sup> Période (bande K)	Z = 1 A = 1  Hydrogène H							Z = 2 A = 4  Hélium He
2 <sup>e</sup> Période (bandes K et L)	Z = 3 A = 7  Lithium Li	Z = 4 A = 9  Béryllium Be	Z = 5 A = 11  Bore B	Z = 6 A = 12  Carbone C	Z = 7 A = 14  Azote N	Z = 8 A = 16  Oxygène O	Z = 9 A = 19  Fluor F	Z = 10 A = 20  Néon Ne
3 <sup>e</sup> Période (bandes K, L et M)	Z = 11 A = 23  Sodium Na	Z = 12 A = 24  Magnésium Mg	Z = 13 A = 27  Aluminium Al	Z = 14 A = 28  Silicium Si	Z = 15 A = 31  Phosphore P	Z = 16 A = 32  Soufre S	Z = 17 A = 35  Chlore Cl	Z = 18 A = 40  Argon Ar
4 <sup>e</sup> Période (bandes K, L, M et N)	Z = 19 A = 39  Potassium K	Z = 20 A = 40  Calcium Ca	...					
5 <sup>e</sup> Période...	⋮							

## **1-2- CLASSIFICATION PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS**

**Pour construire les divers éléments chimiques → augmenter le nombre  $Z$  en plaçant les électrons dans des états d'énergie croissante.**

**Le tableau périodique comporte 18 colonnes. Les éléments d'une même colonne ont la même structure électronique externe et présentent de grandes analogies de propriétés.**

## 1-3- LES LIAISONS CHIMIQUES

Suivant leur énergie, on les classe en:

**Liaisons fortes**

**Liaisons ioniques**

**Liaisons covalentes**

**Liaisons métalliques**

**Liaisons faibles**

**Liaisons de Van der Waals**

**Liaison hydrogène**

## 1-3- LES LIAISONS CHIMIQUES

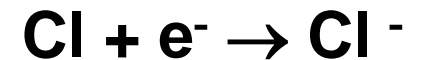
- **Liaisons ioniques (métal / non métal) = interaction électromagnétique entre des ions qui portent des charges électriques de signes opposés, permettant la cohésion d'un cristal.**

Exemple: NaCl (Chlorure de Sodium); LiF

Le Na est un métal électropositif:



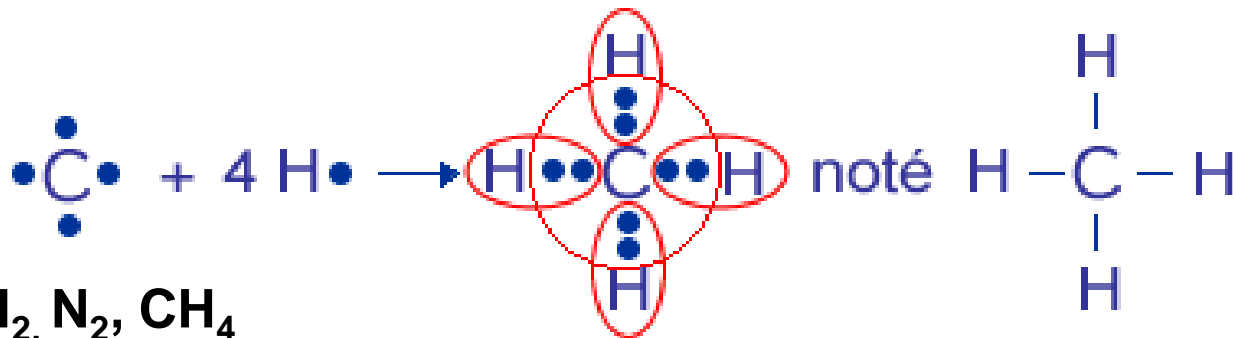
Le Cl est un non-métal électronégatif:





# 1-3- LES LIAISONS CHIMIQUES

- **Liaisons covalentes (non métal / non métal) = mise en commun de deux électrons libres entre deux atomes.**



Exemple:  $\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CH}_4$

L'atome H est constituée d'un proton et d'un électron en mouvement. Qd on rapproche 2 atomes H des interactions électrostatiques apparaissent entre les 2.



## 1-3- LES LIAISONS CHIMIQUES

- **Liaisons métalliques (métal / métal) = mise en commun collective d'électrons libres  $\Rightarrow$  création de champs électriques assurant la cohésion du cristal métallique.**

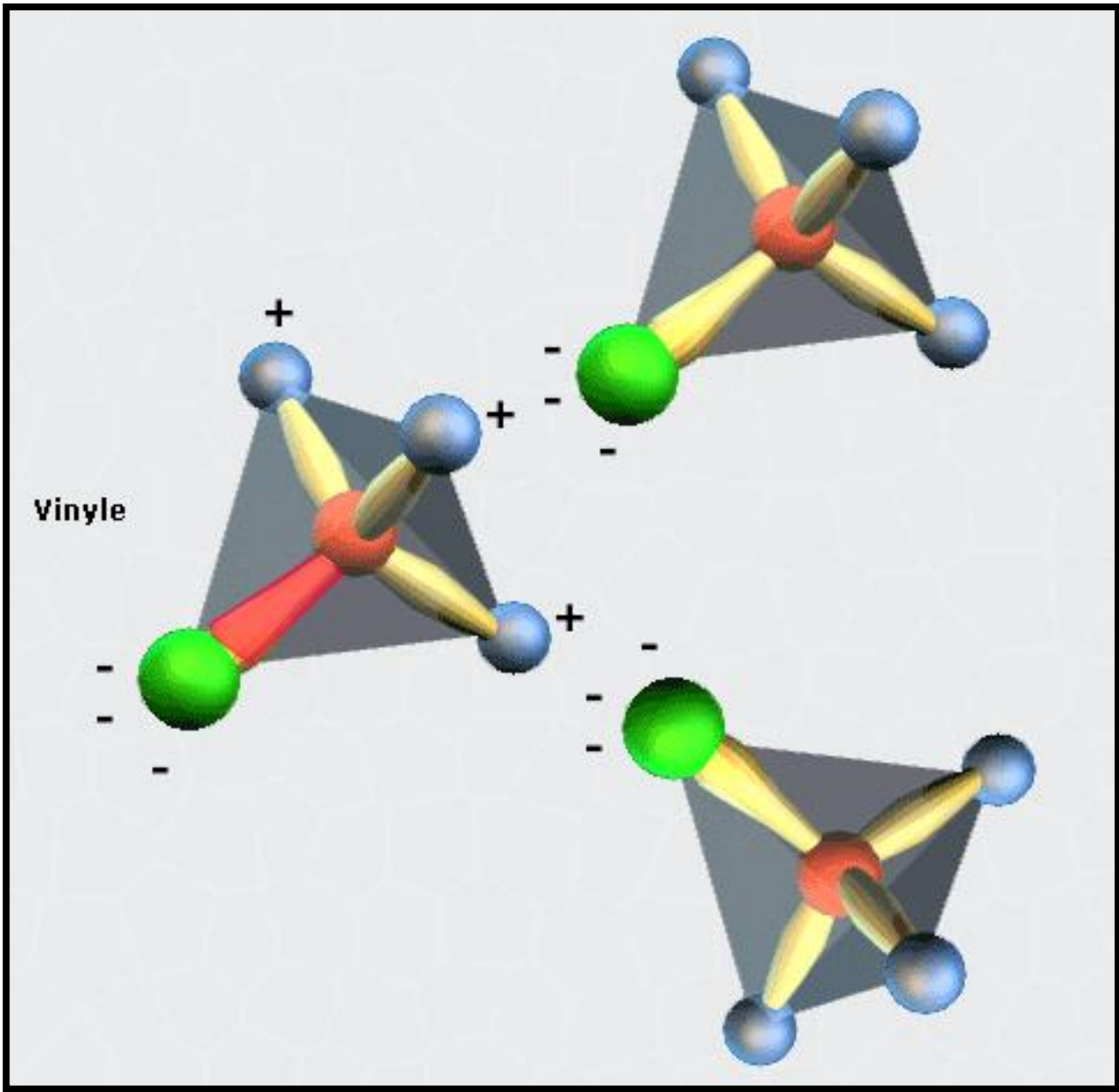
**Exemple: Na, Cu, Fe, W, Al**

**Métal = réseau d'ions + entre lesquels se déplace un nuage d'électrons libres  $\Rightarrow$  propriétés caractéristiques des métaux (conduction électrique et propriétés mécaniques).**

## 1-3- LES LIAISONS CHIMIQUES

- **Liaisons de Van der Waals** = interaction entre les électrons d'une molécule et les noyaux de la molécule voisine.

Exemple: forces entre macromolécules dans un polymère, vinyle  $\text{CH}_3\text{Cl}$



## 1-3- LES LIAISONS CHIMIQUES

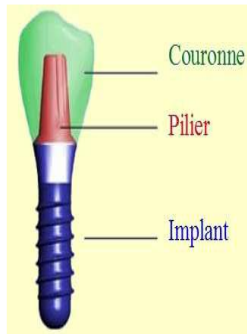
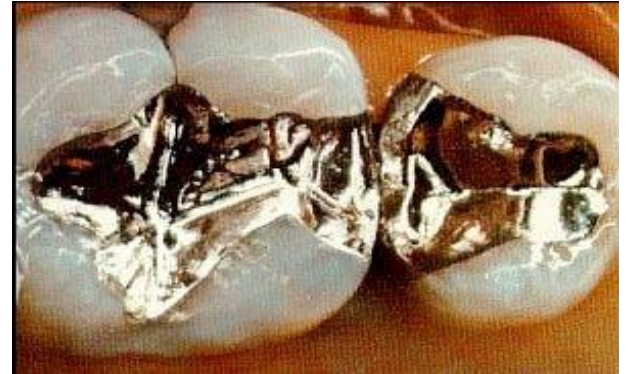
- **Liaison Hydrogène** = liaison intermoléculaire faible lorsque H se lie à un atome très électronégatif (O, F, N).

Exemple:  $\text{H}_2\text{O}$

La liaison H explique la structure tétraédrique de la glace.

# 1-3- LES LIAISONS CHIMIQUES

- Liaisons métalliques: **métaux et alliages** → bons conducteurs, malléables, sensibles à la corrosion, ductiles: Fe, Co, Au, Al
- Liaisons covalentes: **polymères** → légers, isolants, durs, rigides, fragiles: C diamant, SiO<sub>2</sub>
- Liaisons ioniques: **céramiques** → bonne résistance mécanique et thermique (matériau de choix pour les applications à haute température), fragiles: NaCl, CuSO<sub>4</sub>





## 2. Structure de l'état solide

### 2-1- ÉTATS PHYSIQUES DES MATÉRIAUX

- a) États solide, liquide, gazeux
- b) État cristallisé, état amorphe
- c) Température de fusion, température de transition vitreuse

## 2. Structure de l'état solide

### 2-1- ÉTATS PHYSIQUES DES MATÉRIAUX

**États solides, liquide, gazeux:** Toute substance peut exister sous ces 3 états physiques.

L'état du système dépend des valeurs respectives de l'énergie de cohésion et de l'énergie thermique.

- A basse température, la matière a tendance à s'organiser, c'est l'état solide cristallisé.
- A température élevée, les états ordonnés ne sont plus possibles. L'état le plus désordonné est celui du gaz parfait (interactions nulles entre particules).
- L'état liquide est un intermédiaire entre les 2.



## 2. Structure de l'état solide

### 2-1- ÉTATS PHYSIQUES DES MATÉRIAUX

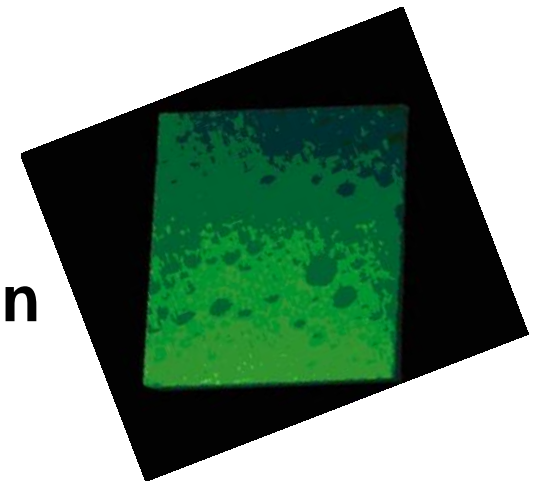
Etat cristallisé, état amorphe:

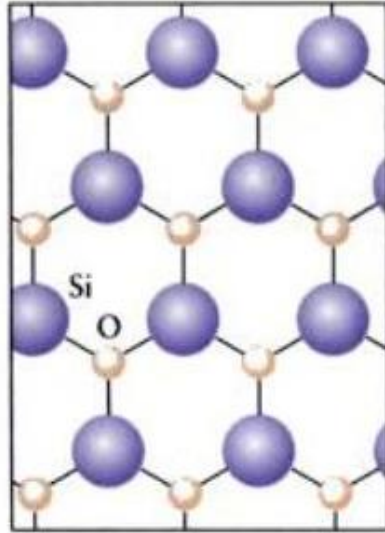
Solide cristallin = empilement d'atomes  
qui se répètent périodiquement dans  
l'espace



≠

Solide amorphe = apparaît comme un  
liquide figé

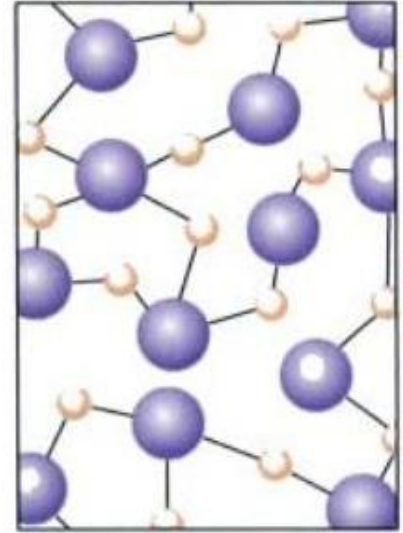




(a)



(b)



(a) Le quartz est une forme cristalline de la silice SiO<sub>2</sub>, et ses atomes sont disposés selon un réseau ordonné, représenté ici en deux dimensions. (b) Lorsque la silice fondue se solidifie rapidement, elle devient un verre. Les atomes forment alors un réseau désordonné.

**Solide amorphe : considéré comme un liquide qui ne coule pas.**

**Structure atomique désordonnée comme un liquide mais garde sa forme comme un solide (le verre, le caoutchouc, le beurre...).**

## 2. Structure de l'état solide

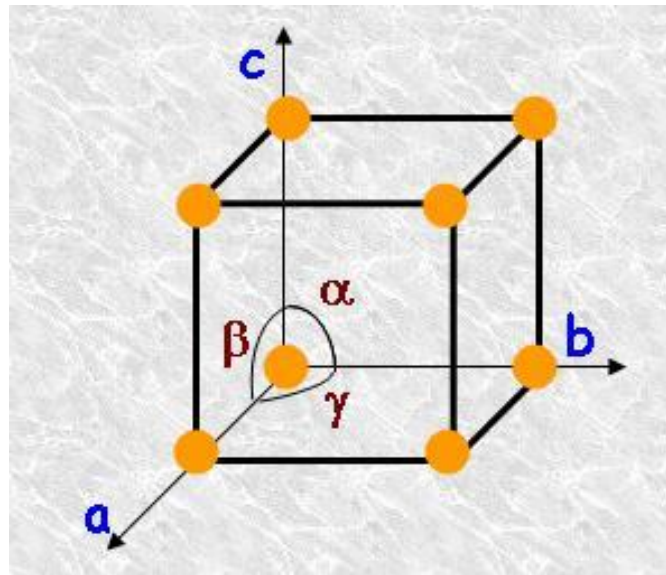
### 2-2- DESCRIPTION DU CRISTAL PARFAIT

**Structure ordonnée, caractérisée par son ordre et sa périodicité.**

**Ensemble de grains ayant la forme de polyèdre.**

## 2. Structure de l'état solide

### 2-2- DESCRIPTION DU CRISTAL PARFAIT



Forme de polyèdre

## 2. Structure de l'état solide

### 2-2- DESCRIPTION DU CRISTAL PARFAIT

- **nœuds**: points géométriques, régulièrement disposés, correspondant aux positions des particules. Le réseau entier peut être engendré par des translations d'un petit nombre de nœuds.
- **réseau**: ensemble infini de nœuds.

## 2. Structure de l'état solide

### 2-2- DESCRIPTION DU CRISTAL PARFAIT

- **maille élémentaire**: volume le + petit qui permet d'engendrer le cristal par des translations. C'est le polyèdre construit sur les vecteurs  $\vec{a}$ ,  $\vec{b}$ ,  $\vec{c}$ .

Pour définir entièrement la maille, il faut donner les 3 longueurs  $a$ ,  $b$ ,  $c$  et 3 angles  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ .

- **motif**: atome ou groupe d'atomes

- **nœuds**: points immatériels, à ne pas confondre avec le motif associé.

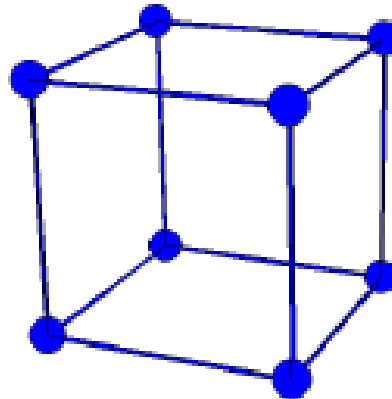
## 2. Structure de l'état solide

### 2-2- DESCRIPTION DU CRISTAL PARFAIT

- **Maille simple:** les nœuds sont uniquement les sommets du polyèdre.

Dans ce cas, le motif se réduit à 1 atome / maille.

Nœud =  $1/8$  atome



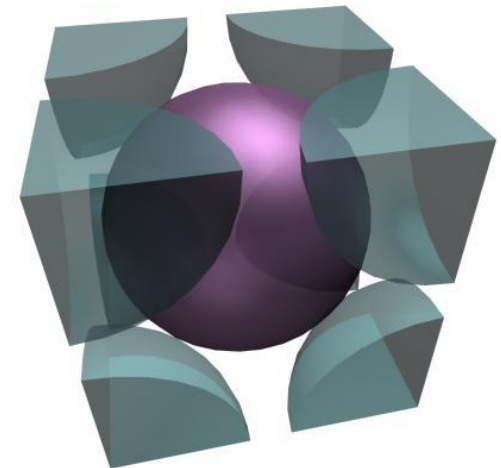
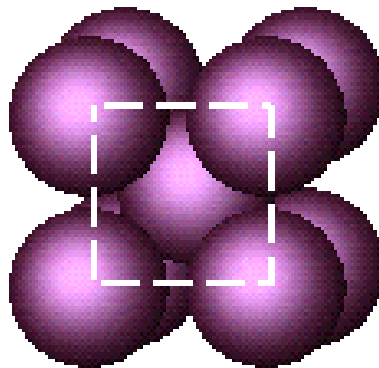
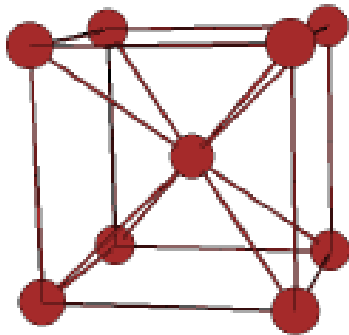


## 2. Structure de l'état solide

### 2-2- DESCRIPTION DU CRISTAL PARFAIT

#### - Maille cubique centrée:

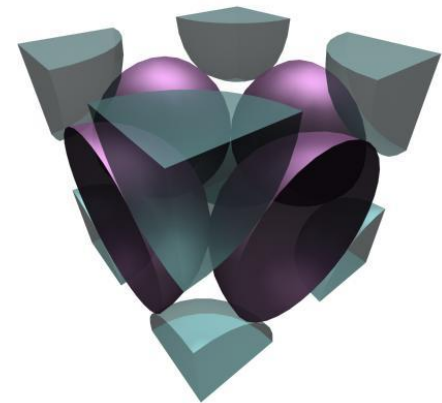
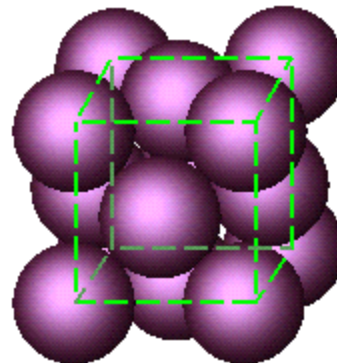
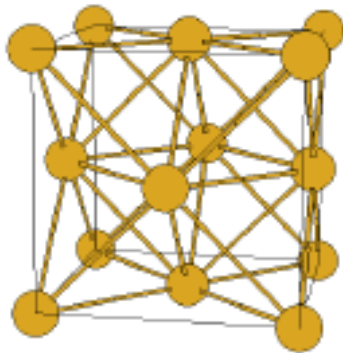
Dans ce cas le motif est composé de 2 atomes / maille, l'atome origine et l'atome situé au centre.



## 2. Structure de l'état solide

### 2-2- DESCRIPTION DU CRISTAL PARFAIT

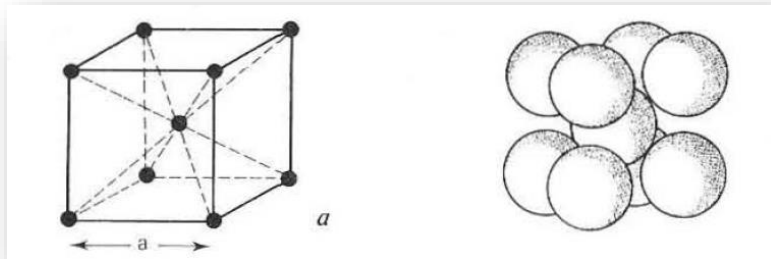
- **Maille cubique à faces centrées:** leur motif comporte 4 atomes /maille, l'atome origine et 3 atomes centres de faces.



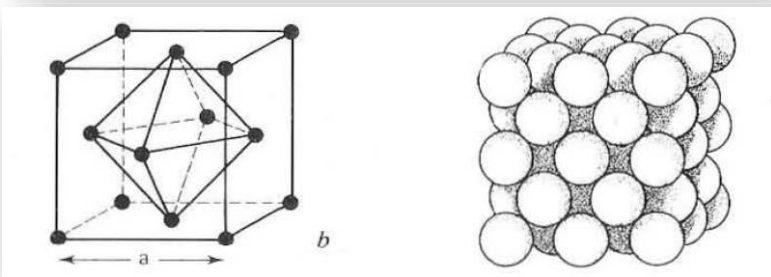
## 2. Structure de l'état solide

### 2-3- STRUCTURE DES PRINCIPAUX MATÉRIAUX

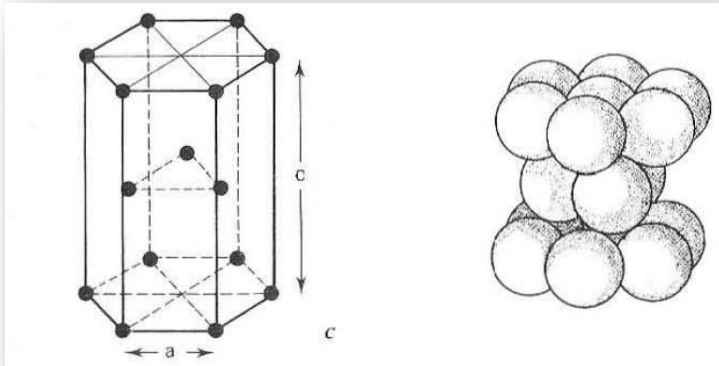
#### Les métaux:



**Cubique centré (Cr, W, Fe  $\alpha$ )**



**Cubique à face centrée (Cu, Au, Al, Ni, Ag, Pt)**



**Hexagonal compact (Mg, Zn, Ca, Co, Cd)**

## 2. Structure de l'état solide

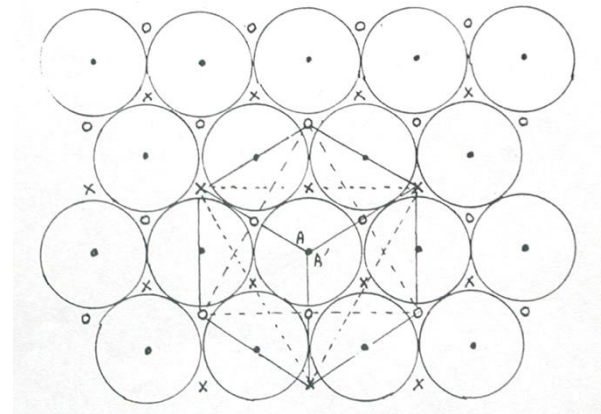
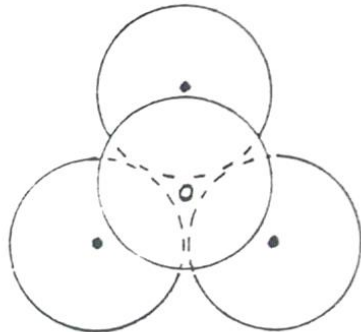
### Les métaux:

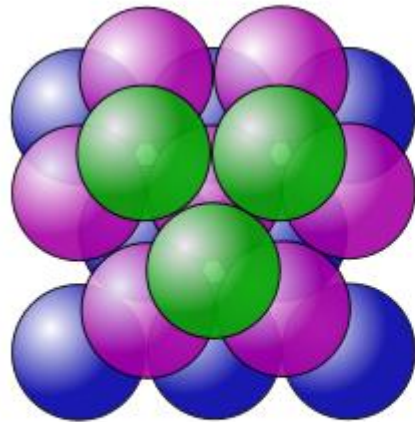
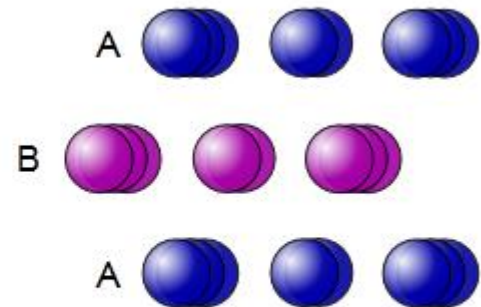
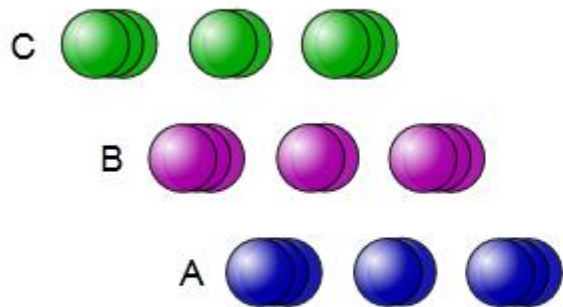
#### Empilement compact dans le modèle de sphères dures:

Plan A (●): centres des sphères 1<sup>ère</sup> couche;

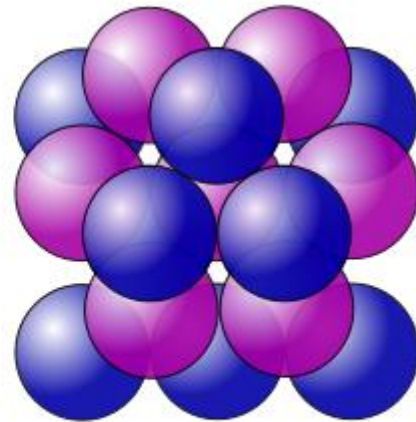
Plan B (○) : couche identique mais décalée (sphères de B dans les vides entre les sphères de A);

Plan C (x): Qd on alterne A et B, certains vides ne sont pas utilisés.





Cubique à faces centrées ABC



Hexagonal compact ABA

## 2. Structure de l'état solide

### 2-3- STRUCTURE DES PRINCIPAUX MATÉRIAUX

**Les métaux:**

**Calcul de la compacité:**

**-Structure cfc:**

**a:** arête du cube;

**R:** rayon ionique du métal.

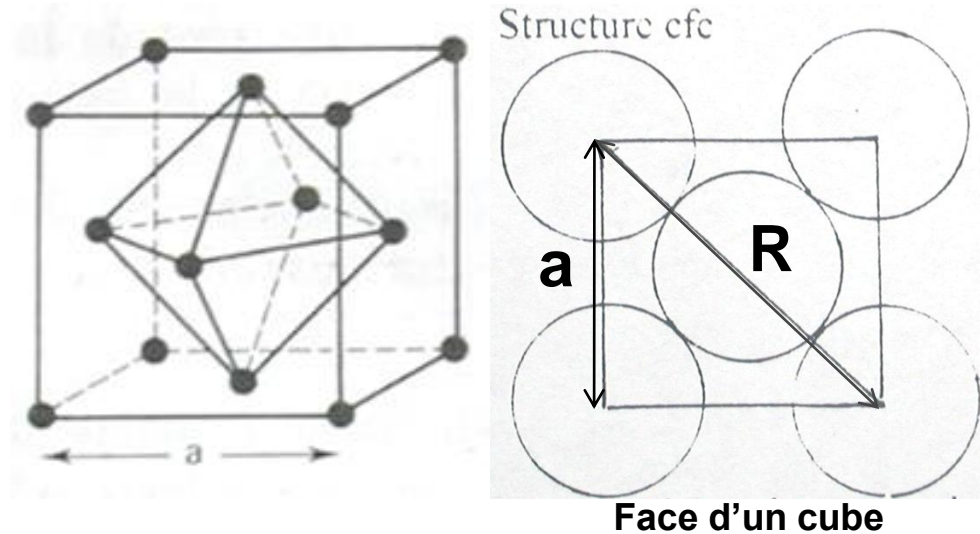
$$R = \frac{a\sqrt{2}}{4} = 4r$$

**V du cube élémentaire =  $a^3$ . Il contient 4 atomes métalliques (propres).**

$$V \text{ occupé par la matière} = 4 \cdot \frac{4}{3} \pi r^3 = 4 \cdot \frac{4}{3} \pi \left(\frac{a\sqrt{2}}{4}\right)^3 = \frac{\sqrt{2}}{6} \pi a^3$$

**La compacité = rapport du V matière au V cube:  $C = \frac{\sqrt{2}}{6} \pi = 0,74$**

**La structure hexagonale compacte a la même compacité.**





## 2. Structure de l'état solide

### 2-3- STRUCTURE DES PRINCIPAUX MATÉRIEAUX

**Les métaux:**

**Calcul de la compacité:**

**-Structure cc:**

**a:** arête du cube;

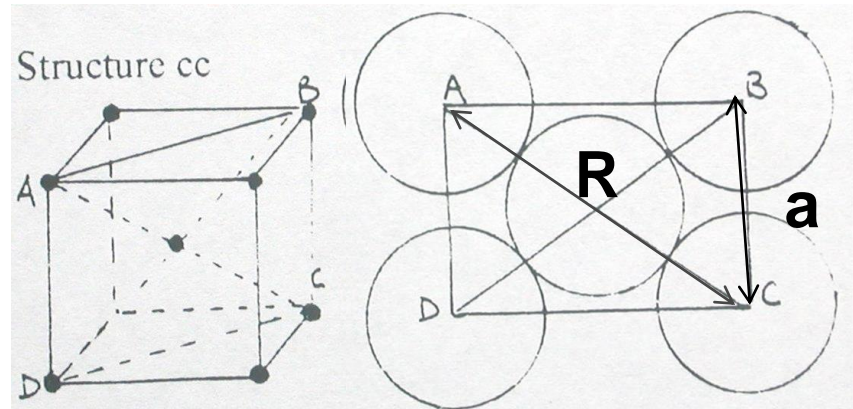
**R:** diagonale du cube.

$$R = a\sqrt{3} = 4r$$

**V** du cube élémentaire =  $a^3$ . Il contient 2 atomes métalliques (propres).

$$V \text{ occupé par la matière} = 2 \cdot \frac{4}{3} \pi r^3 = 2 \cdot \frac{4}{3} \pi \left(\frac{a\sqrt{3}}{4}\right)^3 = \frac{\sqrt{3}}{8} \pi a^3$$

**La compacité** = rapport du V matière au V cube: **C** =  $\frac{\sqrt{3}}{8} \pi = 0,68$ .



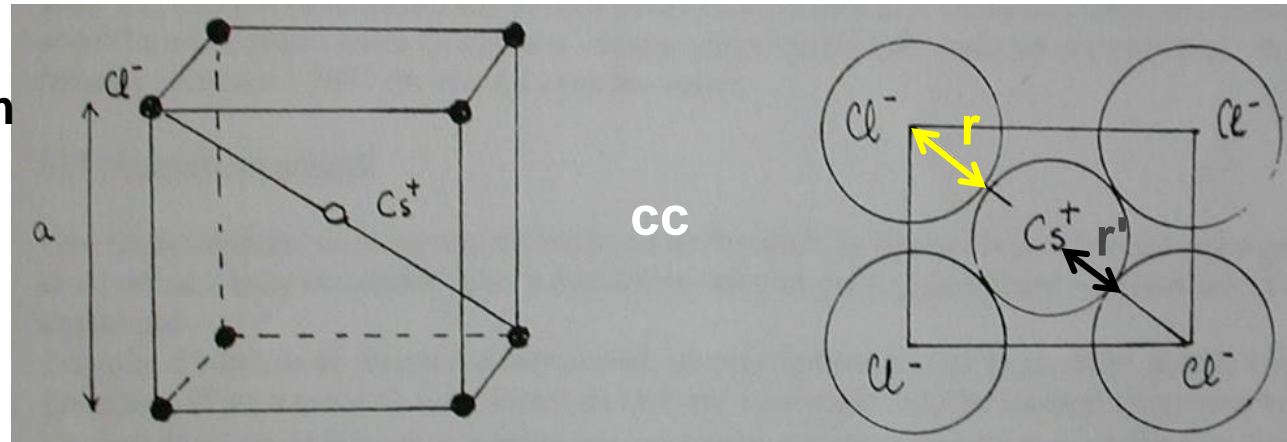
## 2. Structure de l'état solide

### 2-3- STRUCTURE DES PRINCIPAUX MATÉRIEAUX

#### Les composés ioniques:

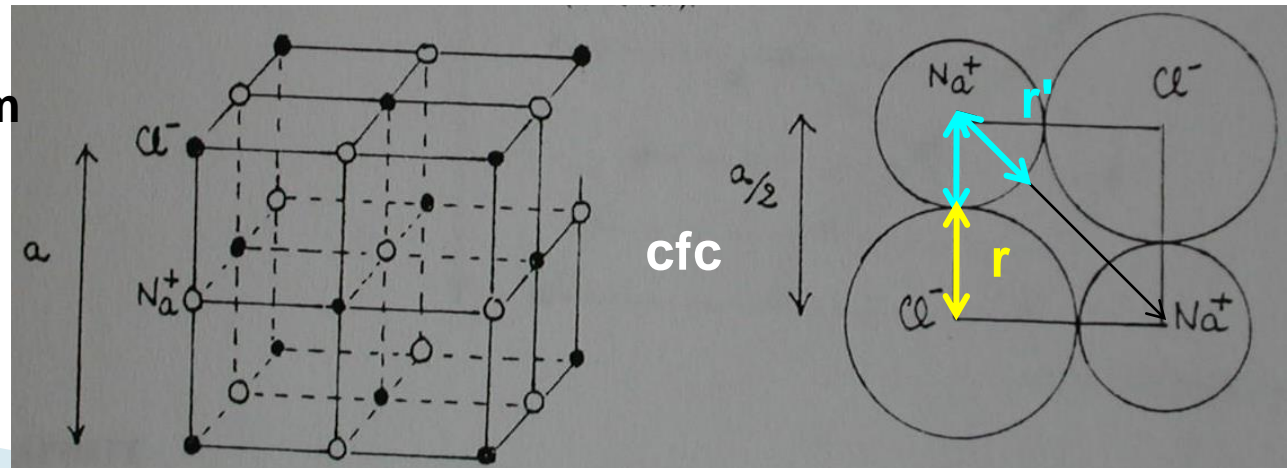
Chlorure de césium  
(CsCl)

$$2r + 2r' = a\sqrt{3}$$
$$a > 2r$$

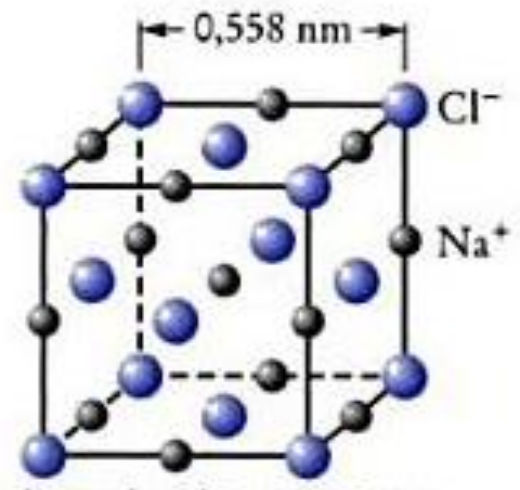


Chlorure de sodium  
(NaCl)

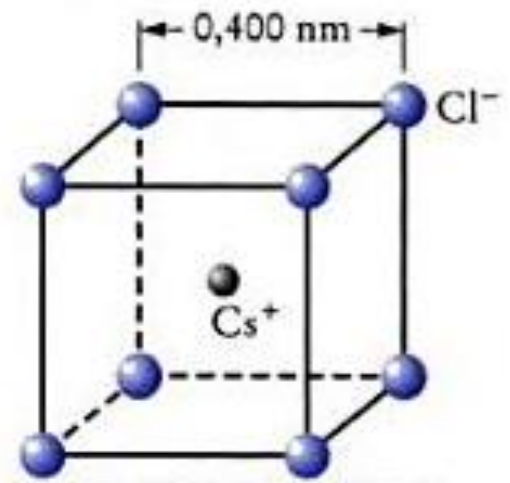
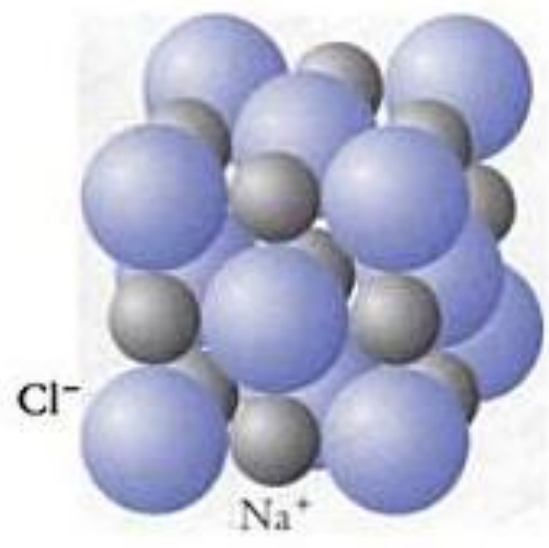
$$r + r' = \frac{1}{2} a$$
$$\frac{1}{2} a \sqrt{2} > 2r'$$



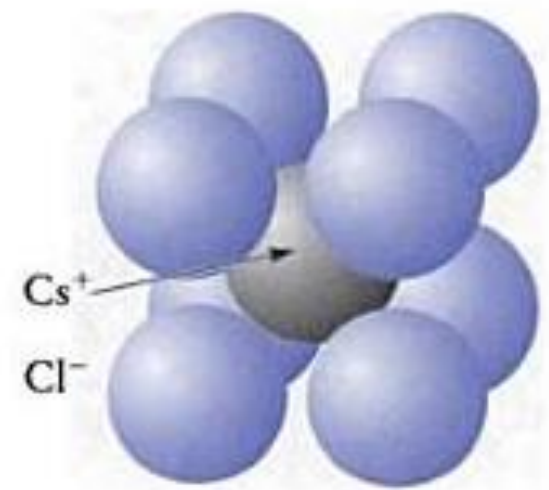




diam. de Cl<sup>-</sup> = 0,362 nm  
 diam. de Na<sup>+</sup> = 0,196 nm



diam. de Cl<sup>-</sup> = 0,362 nm  
 diam. de Cs<sup>+</sup> = 0,330 nm

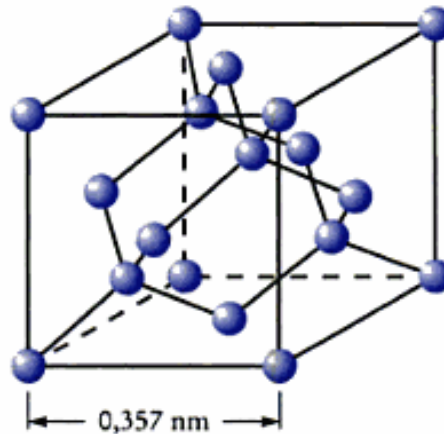


## 2. Structure de l'état solide

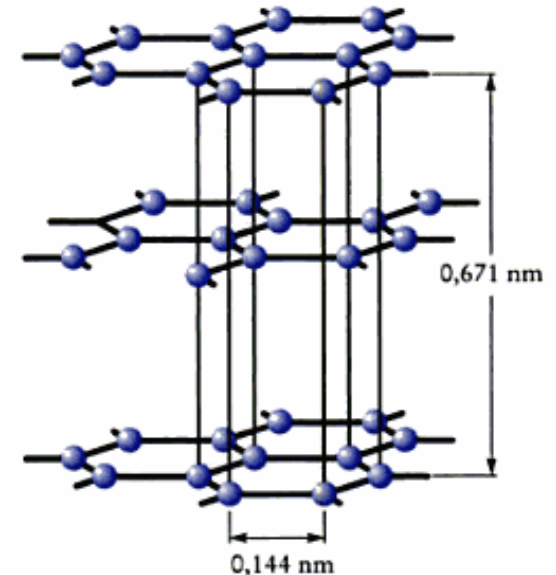
### 2-3- STRUCTURE DES PRINCIPAUX MATÉRIAUX

Les composés à liaison covalente et iono-covalente:

Réseau tridimensionnel:  
Diamant.



Composés organiques:  
Graphite



## 2. Structure de l'état solide

### 2-4. CRISTAUX RÉELS - DÉFAUTS CRISTALLINS:

De nombreuses propriétés des solides ne peuvent être interprétées que par l'existence de défauts dans la structure cristalline. On peut les classer en:

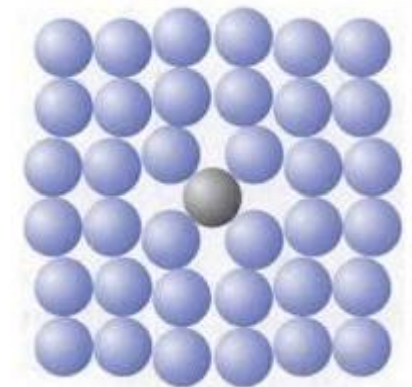
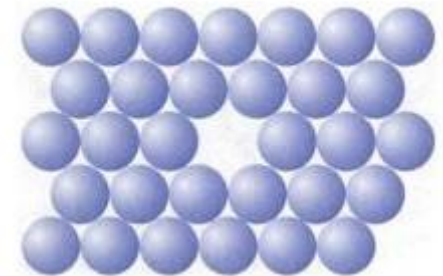
- **Défauts ponctuels:** affectent l'entourage immédiat d'un nœud;
- **Défauts linéaires:** résultent d'une perturbation au voisinage d'une ligne;
- **Défauts plans:** défauts bidimensionnels survenant dans un plan.

## 2. Structure de l'état solide:

### 2-4. CRISTAUX RÉELS - DÉFAUTS CRISTALLINS:

#### - Défauts ponctuels: (sans dimensions)

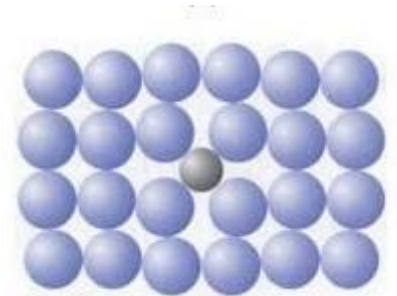
- **Lacune** = absence d'un atome à un site normal du réseau. Permet le déplacement d'atomes dans le cristal.
- **Atome auto-interstitiel** = atome constitutif du cristal placé en insertion dans le réseau.



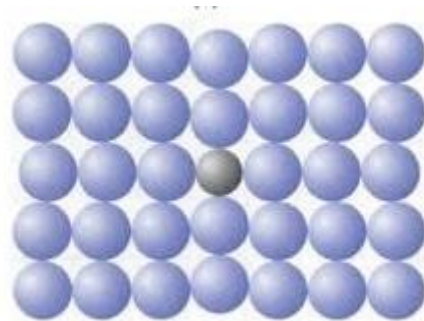
## 2. Structure de l'état solide:

### 2-4. CRISTAUX RÉELS - DÉFAUTS CRISTALLINS:

- **Atome interstitiel** = atome étranger placé en insertion (atomes de petite taille).



- **Atome en substitution** = atome étranger qui remplace un atome normal du réseau.



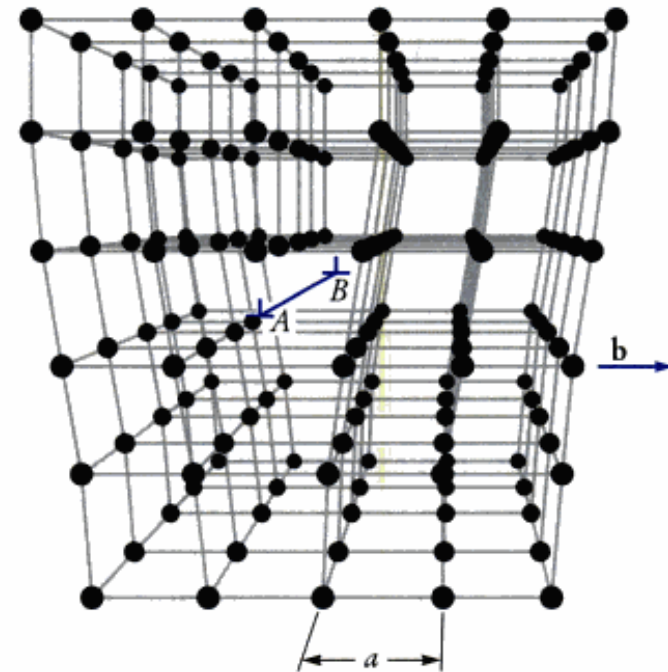
## 2. Structure de l'état solide

### 2-4. CRISTAUX RÉELS - DÉFAUTS CRISTALLINS:

#### - Défauts linéaires: ( à une dimension)

**Dislocations:** 2 formes limites, la dislocation-vis et la dislocation-coin.

- **Dislocation-coin:** cristal ayant subi 1 compression dans le sens du vecteur  $\vec{b}$  → Apparition d'1 marche d'escalier. Le déplacement est  $\perp$  à la ligne de dislocation (LD).



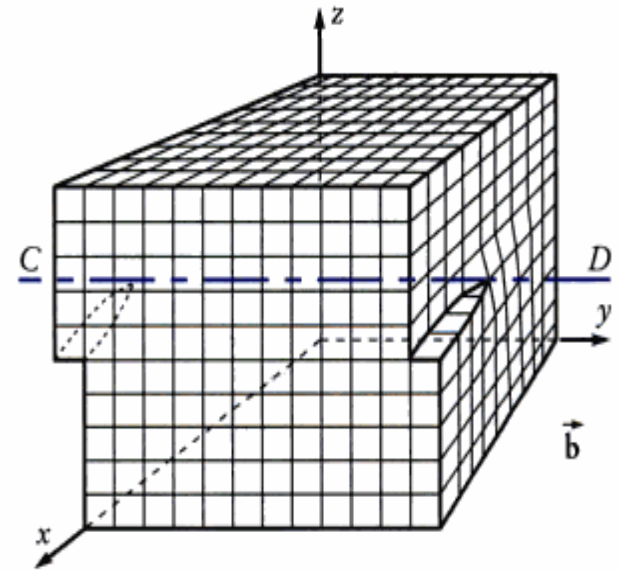


## 2. Structure de l'état solide

### 2-4. CRISTAUX RÉELS - DÉFAUTS CRISTALLINS:

#### - Défauts linéaires:

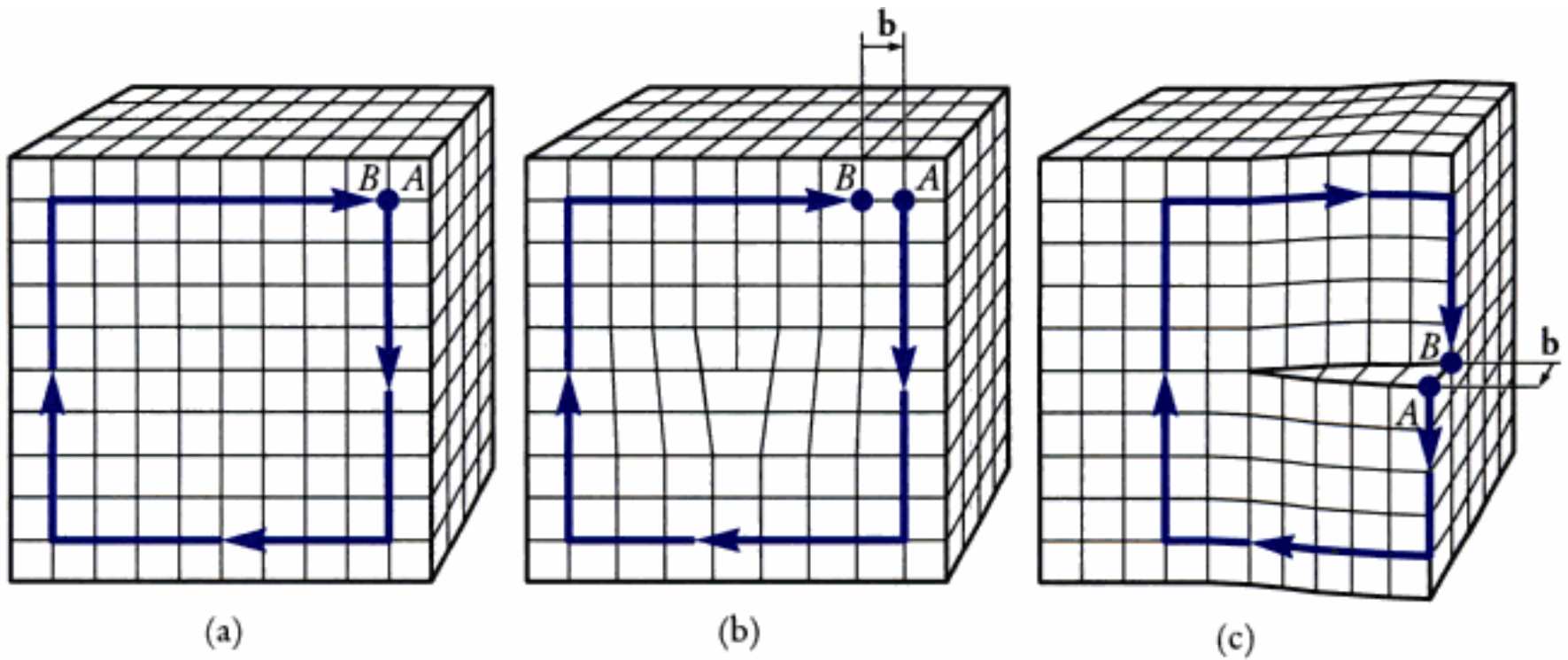
- Dislocation-vis: cristal dont la déformation s'est faite // à LD par torsion hélicoïdale. Le déplacement de la partie supérieure du cristal fait apparaître une petite marche. Le vecteur de Burgers est // à LD.



Dans un cristal, **les dislocations sont généralement mixtes**:

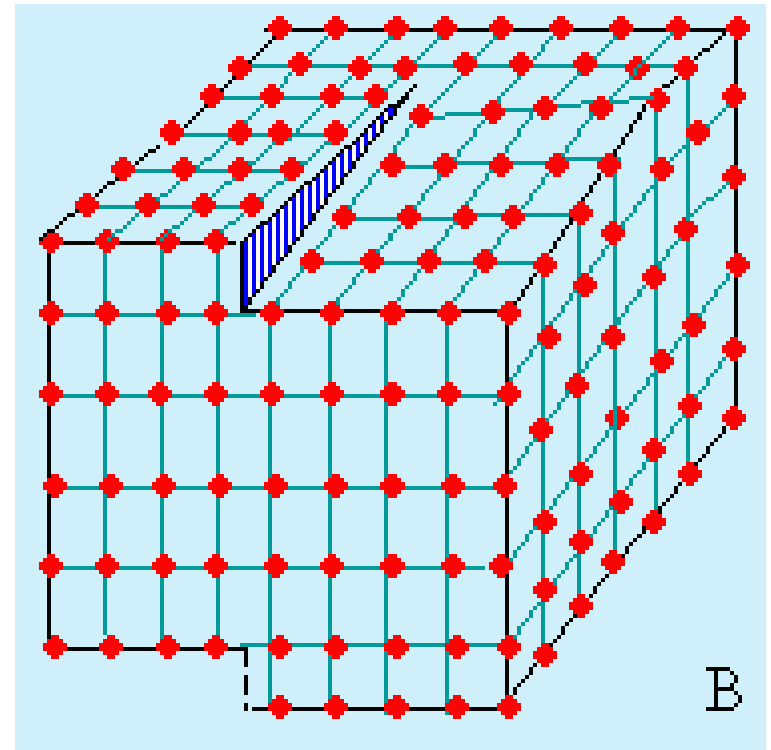
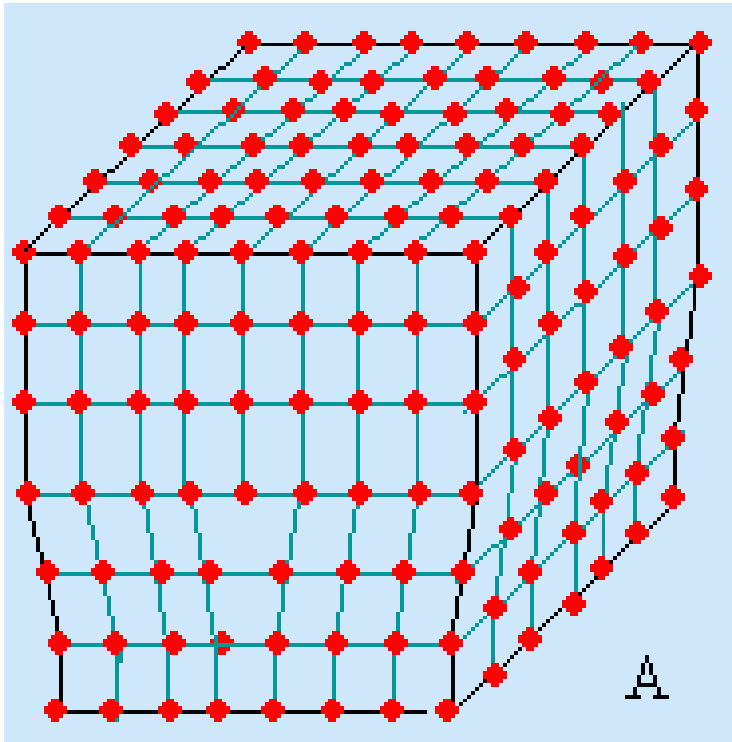
composante vis + composante coin.

En l'absence de dislocations, il serait difficile d'obtenir la déformation plastique d'un métal.



Détermination du vecteur de Burgers : a) dans un cristal parfait, le circuit se referme ; b) autour d'une dislocation-coin, le même circuit aboutit au point  $B$ , et le défaut de fermeture  $BA$  est le vecteur de Burgers, perpendiculaire à la ligne de dislocation ; c) le défaut de fermeture  $BA$  autour d'une dislocation-vis est parallèle à la ligne de dislocation.





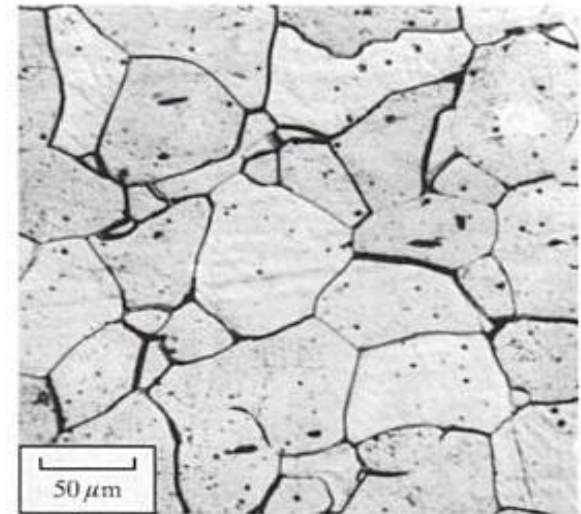
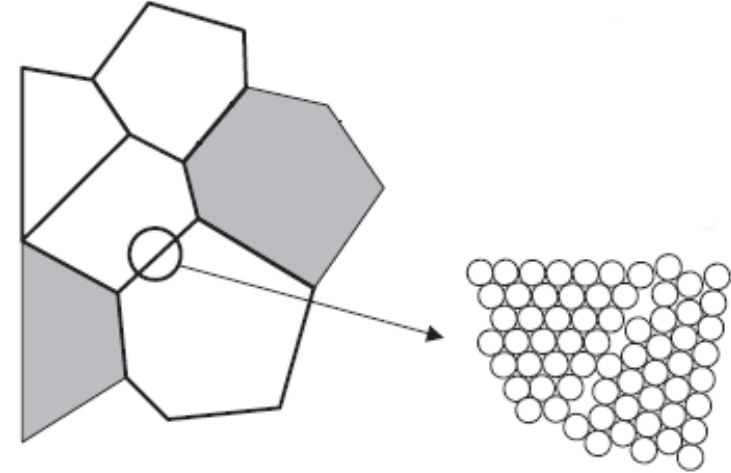
## 2. Structure de l'état solide

### 2-4. CRISTAUX RÉELS - DÉFAUTS CRISTALLINS:

#### - Défauts plans: (à 2 dimensions)

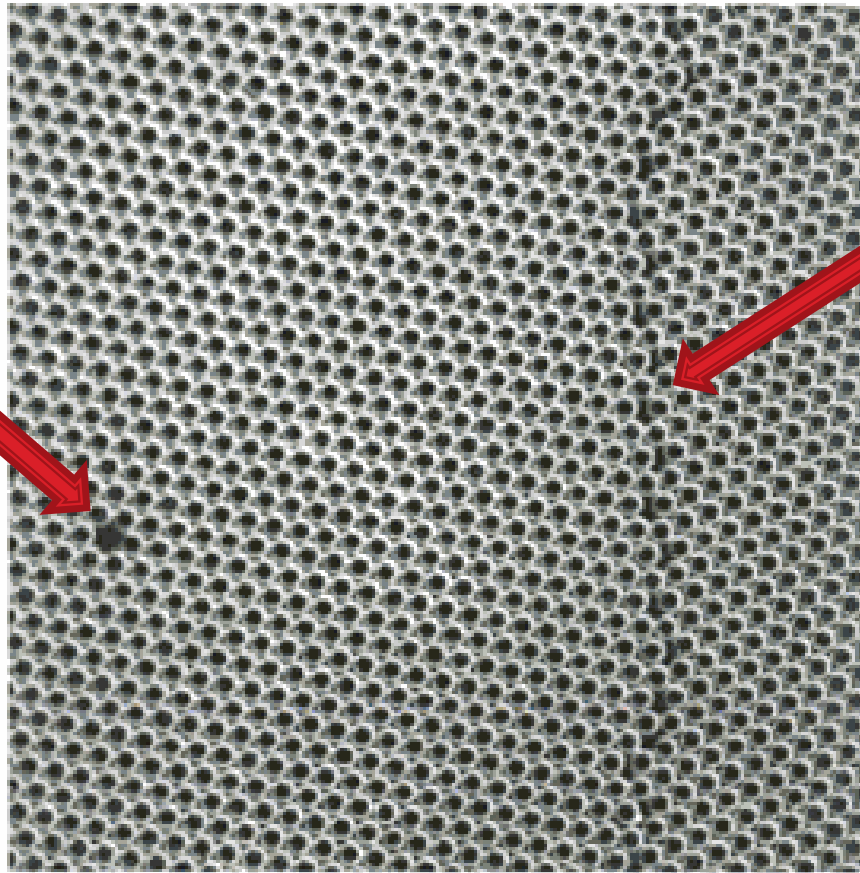
- Joints de grain:

Grains = petits cristaux, en forme de polyèdre, juxtaposés dans une structure polycristalline. Les polyèdres sont en contact le long de joints de grain, visibles au microscope optique après polissage et attaque chimique du matériau.



Micrographie d'un échantillon de fer polycristallin. Les taches noires à l'intérieur des grains sont des inclusions non métalliques (sulfures et oxydes).

Lacune



Joint de grains

Représentation bidimensionnelle d'un joint de grains dans un réseau de bulles. Les bulles ont un diamètre de 0,5 mm et forment un réseau cristallin plan. On note une lacune à gauche de la photo.

Dans les joints, les atomes occupent des **positions intermédiaires** entre les nœuds des réseaux adjacents, sans que les liaisons atomiques ne soient rompues.

La présence des joints de grains **n'affaiblit pas le métal.**

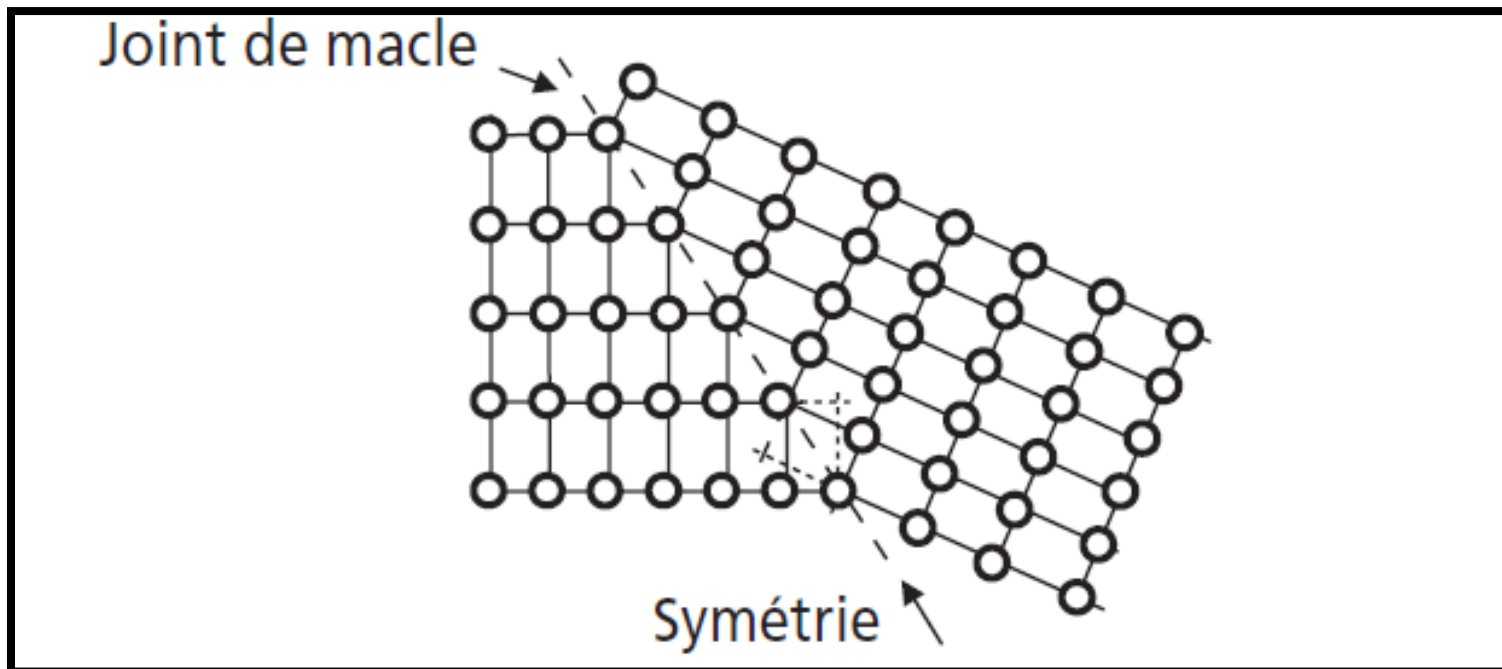
En général, **la rupture se produit à l'intérieur même des grains.**

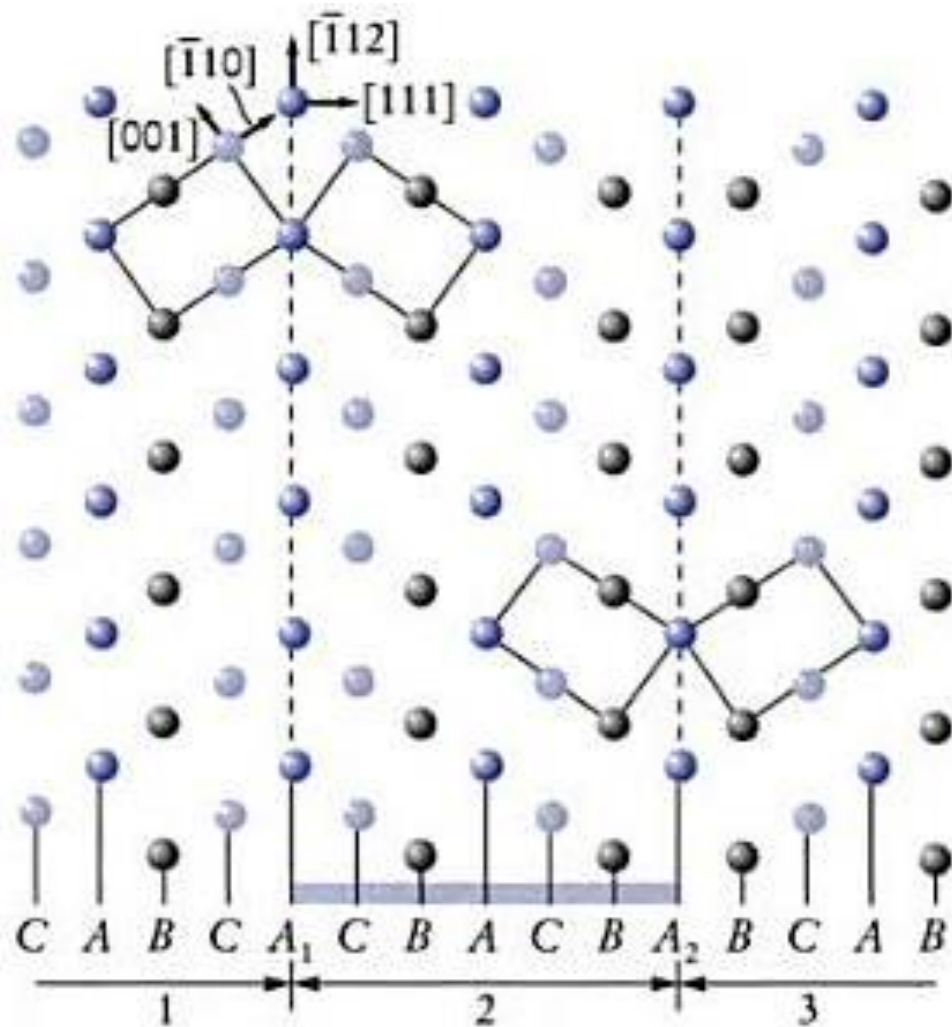
## 2. Structure de l'état solide

### 2-4. CRISTAUX RÉELS - DÉFAUTS CRISTALLINS:

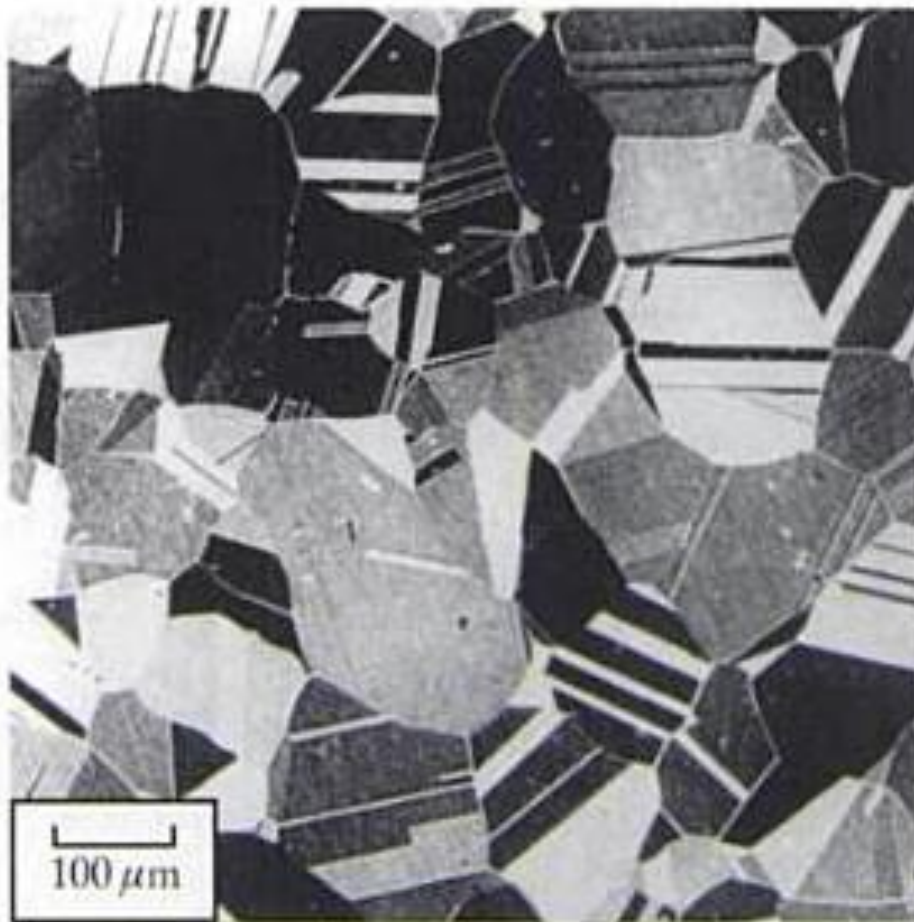
#### - Défauts plans:

- **Macles:** les structures compactes peuvent présenter des défauts d'empilement. Il y a une symétrie par rapport à un plan qui est le plan de macle.





Représentation schématique d'une macule dans le réseau c.f.c. Le plan de la figure est le plan (110). Les plans  $A_1$  et  $A_2$  sont les plans de maillage.



Micrographie d'un échantillon de laiton. À l'intérieur des grains, les bandes de différentes nuances de gris sont des zones maclées.



## 3- Les polymères

### 3-1. GÉNÉRALITÉS SUR LES POLYMÈRES

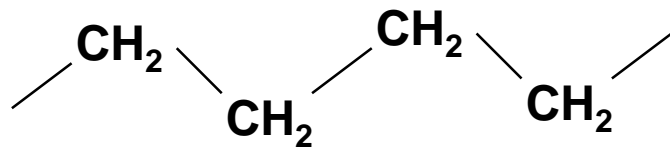
**Polymères** = molécules organiques formées par la répétition, dans une chaîne carbonée, d'un motif structural.

La tétravalence du C permet de prévoir diverses formes de chaînes carbonées: linéaires, ramifiées ou réticulées.

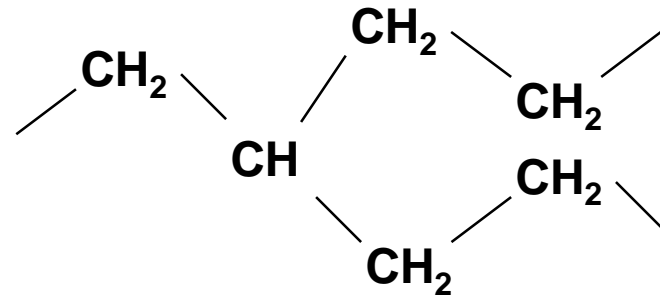


# 3- Les polymères

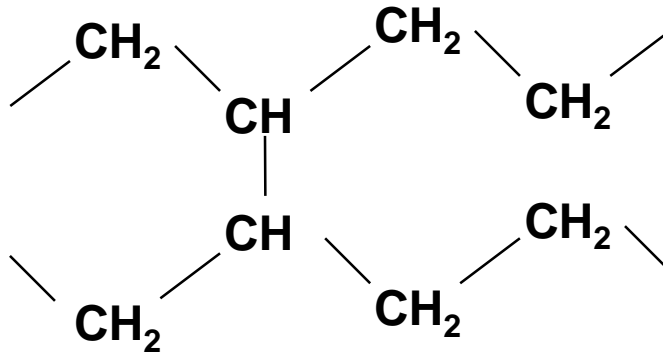
## 3-1. GÉNÉRALITÉS SUR LES POLYMÈRES



**Chaîne linéaire**



**Chaîne ramifiée**



**Chaîne réticulée**

## 3- Les polymères

### 3-1. GÉNÉRALITÉS SUR LES POLYMÈRES

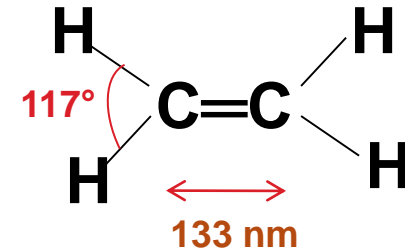
- Généralement, structure non cristallisée car chaines enchevêtrées.
- Cristallinité peut être améliorée par étirement du polymère.



# 3- Les polymères

## 3-2. POLYADDITIONS

### 3-2-1. L'éthylène et les alcènes



**Ethylène:** à la base de nombreuses synthèses de la chimie organique industrielle. Obtenu par vapocraquage de produits pétroliers.

Le + simple des carbures d'hydrogène présentant une insaturation, sa formule est  $\text{C}_2\text{H}_4$ . C'est le chef de fil des alcènes de formule générale  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ .

# 3- Les polymères

## 3-2. POLYADDITIONS

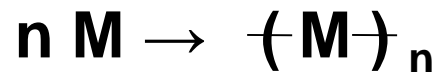
### 3-2-2. Définitions et mécanismes de polyaddition

- a) Définition
- b) Mécanisme cationique
- c) Mécanisme anionique
- d) Mécanisme radicalaire

## 3- Les polymères

### Définition

**Polyaddition = enchainement de molécules monomères identiques présentant une insaturation. A chaque étape de la polyaddition une molécule de monomère s'additionne sur la grosse molécule en cours de formation:**



**n pouvant atteindre des valeurs élevées =  $10^6$**

### 3. Les polymères

On distingue plusieurs types de mécanismes suivant l'initiateur de la réaction:

**-Mécanisme cationique:** l'initiateur de la réaction est un cation ou un électrophile  $A^+$

**-Mécanisme anionique:** l'initiateur est un réactif nucléophile  $B^-$

**-Mécanisme radicalaire:** l'initiateur est un promoteur de radicaux libres.

# 3. Les polymères

## 3-2. POLYADDITIONS

### 3-2-3. Les polyéthylènes

L'éthylène peut être polymérisé soit par mécanisme radicalaire (polyéthylène basse densité), soit par mécanisme ionique coordonné (polyéthylène haute densité).

Les dérivés halogènes de l'éthylène donnent aussi des polymères comme le teflon  $(\text{CF}_2\text{-CF}_2)$  réputé pour sa résistance à la corrosion.



# 3. Les polymères

## 3-3. POLYCONDENSATIONS

### 3-3-1. Définition

Dans une polycondensation, la macromolécule en cours de croissance réagit à chaque étape avec l'un des produits de départ. Il y a fréquemment élimination d'un sous-produit (une molécule légère: eau, méthanol...).

# 3. Les polymères

## 3-3. POLYCONDENSATIONS

### 3-3-2. Exemples

- a) Polyesters
- b) Polyamides
- c) Polycarbonates
- d) Polyuréthanes

## 3. Les polymères

### Polyesters

Résultat de la réaction en chaîne entre 1 diacide et 1 dialcool. Exemple: le tergal (acide téréphthalique + glycol).

### Polyamides

Résultat de la réaction entre 1 diacide et 1 diamine. Exemple: le nylon (acide adipique + hexaméthylène diamine).

## 3. Les polymères

### Polycarbonates

Résultat de la réaction entre les dérivés de l'acide carbonique et des composés possédant 2 fonctions phénol. Exemple: phosphogène + bisphénol A = polymère très résistant au choc.

### Polyuréthanes

Dans ces polymères, on trouve le groupe uréthane intercalé entre des groupes hydrocarbonés.

## 3. Les polymères

### 3-4. PROPRIÉTÉS ET USAGES DES POLYMÈRES

On classe les polymères en:

- Thermoplastiques,
- Thermodurcissables,
- Elastomères.

## 3. Les polymères

### 3-4. PROPRIÉTÉS ET USAGES DES POLYMÈRES

#### Polymères thermoplastiques

En général pour un polymère linéaire, l'énergie d'agitation thermique suffit à rompre les liaisons (faibles) entre les chaînes. On peut donc le déformer par élévation de température, le mouler à chaud.

## 3. Les polymères

### 3-4. PROPRIÉTÉS ET USAGES DES POLYMÈRES

#### Polymères thermodurcissables

Une élévation de température favorise la formation de nombreuses liaisons pontales, fortes, et même d'un réseau tridimensionnel. Par chauffage le polymère devient dur et souvent cassant.

## 3. Les polymères

### 3-4. PROPRIÉTÉS ET USAGES DES POLYMÈRES

#### Elastomères

Polymères d'élasticité comparable à celle du caoutchouc. Au repos, les macromolécules sont repliées sur elles-mêmes. Elles sont flexibles en raison du petit nombre de liaisons pontales et peuvent être étirées.

La réversibilité des contraintes élastiques n'est pas parfaite, il subsiste un allongement résiduel dû au glissement des molécules les unes sur les autres.