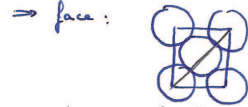
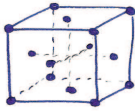


Matériaux 7:
Cristallographie

EXERCICE 1

① vrai

② Structure cfc:
faux



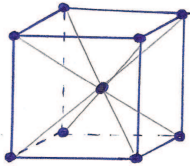
→ face: tangence le long de la diagonale d'une face: $4R = a\sqrt{2}$.

③ Faux: les sites octaédriques sont vides:

→ au milieu des arêtes: $12 \times \frac{1}{4} = 3$ sites \odot
→ au centre du cube: 1 site \odot } → 4 sites octaédriques par maille.

④ la structure hc et cfc sont obtenues par des empilements compacts de sphères dures: ils ont la même compacité. → faux

⑤ Faux



cubique centré: coordination = 8.
mais hexagonal compact: coordination = 12

↓
chaque sphère est entourée de 6 sphères du même plan + 3 sur le plan supérieur et 3 sur le plan inférieur.

⑥ structure type NaCl, Cl^- → réseau cfc.

Na^+ → sites octaédriques du réseau cfc. Faux

Distance minimale entre Na^+ et Cl^- : demi-arête du cube: $\frac{a}{2} = R_{Na^+} + R_{Cl^-}$.

⑦ structure type fluorine: Ca^{2+} → réseau cfc.

F^- → tous les sites tétraédriques.

Distance minimale (contact) entre Ca^{2+} et F^- : $\frac{1}{4}$ diagonale du cube.

$\frac{a\sqrt{3}}{4} = R_{Ca^{2+}} + R_{F^-} \neq \frac{a}{2}$. Faux.

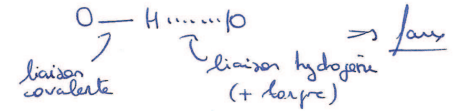
⑧ Par répulsion électrostatique, 2 anions ne peuvent être tangents ds 1 structure originaire → faux.

①

⑨ structure type Blende: S^{2-} → réseau cfc
 Zn^{2+} → 1 site T / 2. → faux.

⑩ voir calcul du cours: $\frac{c}{a} = \sqrt{\frac{8}{3}}$

⑪ chaque hydrogène de la structure est situé entre 2 atomes d'O. de telle sorte que les 3 atomes soient alignés:



EXERCICE 2

① Populat de la maille: $Z = 8 \text{ sommets} \times \frac{1}{8} + 1 \text{ au centre} = 2 \text{ Li/maille}$.

$\rho = \frac{\rho_{Li}}{M_A a^3} = 538 \text{ kg.m}^{-3}$. ⇒ métal très peu dense.
(pourrait être utilisé en astronautique, mais est trop réducteur).

② Avant le remplacement, $m_{\text{cogre}} = \rho_{Li} V_{\text{cogre}}$
Après le remplacement, $m'_{\text{cogre}} = \rho_{Li'} V_{\text{cogre}}$ } $\Delta m = (\rho_{Li} - \rho_{AL}) V_{\text{cogre}}$
 $\Delta m = m_{AL} \left(\frac{\rho_{Li}}{\rho_{AL}} - 1 \right)$

$\Delta m = -100 \text{ kg}$. ⇒ $m_{AL} = \frac{\Delta m}{\frac{\rho_{Li}}{\rho_{AL}} - 1} = 125 \text{ kg}$
Il faudrait remplacer 125 kg d'Al par du lithium pour gagner 100 kg de masse.

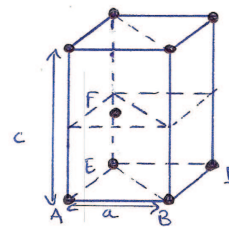
EXERCICE 3

①

empilement compact de sphères de type (ABAC)

chaque sphère est en contact avec 6 sphères de son plan et 3 sphères du plan supérieur et 3 sphères du plan inférieur

⇒ Coordination = 12



$\frac{c}{a} = \sqrt{\frac{8}{3}}$ avec $a = 2r$

② Compacité: Multiplicité ⇒ $Z = 2$ et $V_{\text{maille}} = \frac{EB \times AD}{2} \times c = a^3 \sqrt{2}$
 $C = \frac{2 \times \frac{4}{3} \pi r^3}{V_{\text{maille}}} \Rightarrow \frac{C}{3\sqrt{2}} = 0,74$

②

EXERCICE 4.

① Masse de matière de 1 maille : $\sum \frac{M_{AgI}}{N_A}$ } $\rho = \frac{\sum M_{AgI}}{N_A a^3}$ (multiplicité)

Volume d'une maille cubique : a^3

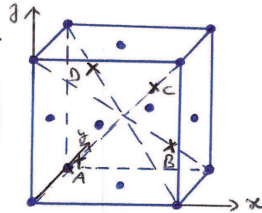
$\hookrightarrow Z = \frac{\rho N_A a^3}{M_{AgI}} = 4.$

② Blende \Rightarrow anion I^- : structure cfc. (emplément ABC).
 cation Ag^+ : un site T/2.

Coordonnées des sites tétraédriques occupés (1 site/2)

\hookrightarrow 1/4 des diagonales du cube a à partir des sommets.

A $(\frac{a}{4}, \frac{a}{4}, \frac{a}{4})$ B $(\frac{3a}{4}, \frac{3a}{4}, \frac{a}{4})$ C $(\frac{3a}{4}, \frac{a}{4}, \frac{3a}{4})$ D $(\frac{a}{4}, \frac{3a}{4}, \frac{3a}{4})$



④ Distance entre C et D (ions Ag^+) : demi-diagonale d'une face $\rightarrow \frac{a\sqrt{2}}{2} = 459 \text{ pm}$.
 C'est la même distance qui sépare 2 ions iodure I^- les + proches.
 Le sous-réseau II est également 1 réseau cfc décalé de $(\frac{a}{4}, \frac{a}{4}, \frac{a}{4})$
 Son arête vaut également a .

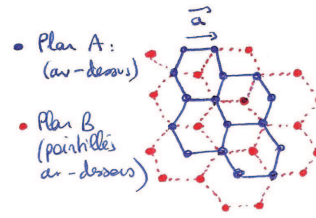
⑤ Chaque Ag^+ est au sein d'un site tétraédrique délimité par 4 ions I^- $\rightarrow 4$.
 Idem pr I^- $\Rightarrow [I^-/Ag^+] = 4$ et $[Ag^+/I^-] = 4$.

⑥ Distance minimale cation/anion \rightarrow quart de la grande diagonale du cube.
 $d_{min} = \frac{a\sqrt{3}}{4} = 281 \text{ pm}$.
 $r(Ag^+) + r(I^-) = 342 \text{ pm}$.
 $r(Ag^+) + r(I^-) = 267 \text{ pm}$.

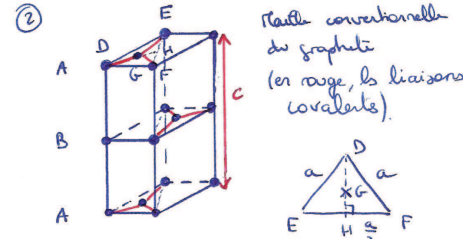
\Rightarrow la structure a 1 caractère intermédiaire entre 1 cristal covalent et un cristal ionique.

EXERCICE 5

① Graphite = cristal covalent \Rightarrow les atomes de carbone sont liés, au sein d'un plan, par des liaisons covalentes.



- Plan A et Plan B sont décalés de \vec{a} si on regarde la structure par le dessus.
 - Les 2 plans sont espacés de $\frac{c}{2}$. Le plan B est donc obtenu par translation de $(\vec{a} + \frac{\vec{c}}{2})$.



③ distances : $DE = EG = FG =$ lg liaison cc.
 Paramètre de maille : $a = DE$.

G est au centre de gravité du triangle équilatéral DEF.
 H propriété orthogonale de D sur [EF] avec $DG = \frac{2}{3} DH = \frac{2}{3} \sqrt{DE^2 - HF^2}$
 $\Rightarrow DG = \frac{2}{3} \sqrt{a^2 - \frac{a^2}{4}} \Rightarrow DG = \frac{a}{\sqrt{3}}$

$\frac{c}{2} =$ distance inter feuillets $\Rightarrow c = 672 \text{ pm}$
 $\Rightarrow a = DG\sqrt{3} = 244 \text{ pm}$

Multiplicité (ou population de la maille) : 8 sommets $\times \frac{1}{8} + 1$ centre + 2 faces $\times \frac{1}{2} + 4$ arêtes $\times \frac{1}{4} \Rightarrow 4$ C/maille.

Volume occupé : $4 \times \frac{4}{3} \pi R^3$ avec $R = \frac{1}{2} d_{cc} = 70,5 \text{ pm}$ (rayon covalent)
 Volume disponible : $c \times S_{losange} = c \cdot EF \times DH \Rightarrow V_{maille} = 3,46 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3$

Compacité : $\frac{\text{Volume occupé}}{\text{Volume dispo}} = 0,17 \rightarrow 17\%$ du volume est occupé.

Masse volumique : $\frac{4 \times M_C}{N_A V_{maille}} = 2,3 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \Rightarrow d = \frac{\rho_{graphite}}{\rho_{eau}} = 2,3$

Volume molaire : $\frac{V_{maille}}{q^{\text{matière}}} = \frac{V_{maille}}{4/N_A} = 5,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
 $V_m = 5,6 \text{ mL} \cdot \text{mol}^{-1}$

EXERCICE 6

A- Cristaux métalliques.

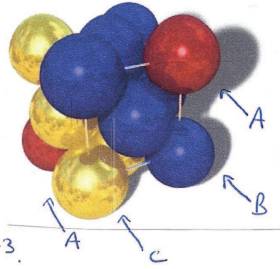
A1 ① Tangente sur diagonale face $\rightarrow a\sqrt{2} = 4R \Rightarrow \boxed{R_{Au} = 144 \text{ pm}}$

② $C = 0,74$ (voir cours)

③ Empilement ABC: la grande diagonale correspond à 3 distances inter-plans.

$\Rightarrow d = \frac{a\sqrt{3}}{3} = 236 \text{ pm}$

④ $\rho = \frac{4M_{Au}}{N_A a^3} = 19,3 \cdot 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3} \Rightarrow \boxed{d = 19,3}$



A2 $R_{Cu} = 128 \text{ pm}$; $C = 0,74$; $d = 208 \text{ pm}$; $\rho = 8,97 \cdot 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

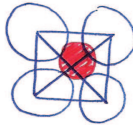
B- Alliages ordonnés.

B1 Population: 1 atome d'or (8 sommets $\times \frac{1}{8}$) et 3 atomes de cuivre (6 faces $\times \frac{1}{2}$).

Tangente: selon la diagonale d'une face:

$a\sqrt{2} = 2R_{Au} + 2R_{Cu}$

masse volumique: $\rho = \frac{1 \times M_{Au} + 3M_{Cu}}{N_A a^3} = 12,2 \cdot 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$



masse d'or par maille: $1 \times \frac{M_{Au}}{N_A}$
masse d'alliage par maille: $1 \times \frac{M_{Au}}{N_A} + 3 \frac{M_{Cu}}{N_A}$

proportion molaire d'or de l'alliage:

$\frac{M_{Au}}{M_{Au} + 3M_{Cu}} = \frac{1}{1 + 3 \frac{M_{Cu}}{M_{Au}}} = 0,508$

1 carat $\leftrightarrow \frac{1}{24} = w_{Au}$

ae $\leftrightarrow w_{Au} = 0,508$

\Rightarrow **Alliage à 12 carats d'or**

B2 Population: 2 atomes d'or (8 sommets $\times \frac{1}{8} + 2 \text{ faces} \times \frac{1}{2}$) + 2 atomes de cuivre (4 faces $\times \frac{1}{2}$)

masse volumique: $\rho = \frac{2M_{Au} + 2M_{Cu}}{N_A a^2 \cdot b} = 14,7 \cdot 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

$w_{Au} = \frac{1}{1 + \frac{M_{Cu}}{M_{Au}}} = 0,756 \Rightarrow \boxed{18 \text{ carats}}$

EXERCICE 7

② Ti^{4+} E site octaédrique délimité par 6 sphères $O^{2-} \Rightarrow [Ti^{4+}/O^{2-}] = 6$.
 O^{2-} est entouré par 3 $Ti^{4+} \Rightarrow [O^{2-}/Ti^{4+}] = 3$.

③ L'ion Ti^{4+} appartient à la droite AD.

Il entre ds le site si $2r + 2R < AD$.

Calculons AD.

$\Rightarrow G$, projeté orthogonal de D sur le plan (ABEC), appartient à la droite (AE). De plus, il est au centre de gravité de BEC.

\rightarrow voir exercice sur structure hexagonale:

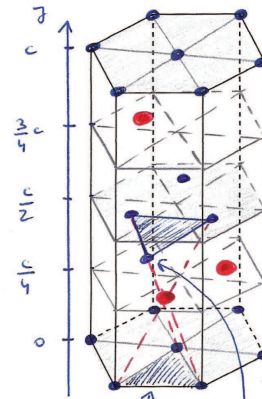
hauteur du triangle équilatéral BEC: $h = \sqrt{\frac{3}{2}} a$

$\Rightarrow AG = h + \frac{1}{3}h = \frac{4}{3} \sqrt{\frac{3}{2}} a = 2 \sqrt{\frac{2}{3}} a$

\Rightarrow Triangle rectangle ADG: $AD = \sqrt{DG^2 + GA^2} = \sqrt{\frac{a^2}{4} + \frac{8a^2}{3}} = 524 \text{ pm}$.

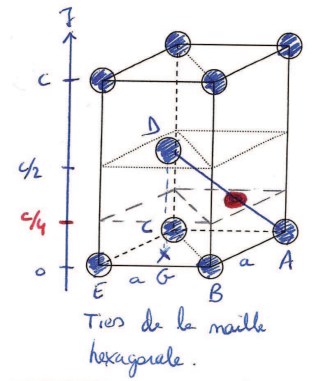
Vérification de l'habitabilité du site: $2r + 2R = 393 \text{ pm} \Rightarrow$ insertion possible de Ti^{4+} ds ce site.

①



base de l'octaédre dat Ti^{4+} occupe le centre.

Les O^{2-} à l'extérieur de la maille. (E maille adjacente) (forme la base supérieure de l'octaédre).



Tiers de la maille hexagonale.

EXERCICE 8.

① a) Ti: Z=22: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^2$.

b) Ba: Z=56: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2$

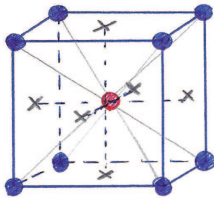
$n_{max} = 6 \Rightarrow$ 6^{ème} période.

Dernière sous-couche utilisée: 6s \Rightarrow bloc s.

$s^2 \Rightarrow$ 2^{ème} colonne du bloc s \Rightarrow 2^{ème} colonne du tableau périodique

②

③



● Ba²⁺ \rightarrow 8 sommets $\times 1/8 = 1$ Ba²⁺
 ● Ti⁴⁺ \rightarrow 1 au centre = 1 Ti⁴⁺
 × O²⁻ \rightarrow 6 faces $\times 1/2 = 3$ O²⁻

\rightarrow électroneutralité : ok.

④ a) Ti⁴⁺ au centre du cube \rightarrow entouré par les 6 ions O²⁻ aux centres des faces.
 \Rightarrow coordination [Ti⁴⁺/O²⁻] = 6

b) Ba²⁺ au sommet du cube \Rightarrow 1 Ba²⁺ est entouré par 12 ions O²⁻ (4 dans le plan horizontal et 4 de chaque des plans verticaux qui se croisent en Ba²⁺).
 \Rightarrow coordination [Ba²⁺/O²⁻] = 12.

⑥ a) Contact Ti⁴⁺/O²⁻ \rightarrow se fait sur 1 distance de $\frac{a}{2}$ (distance entre Ti⁴⁺ et O²⁻ plus proche)

(1) $R(Ti^{4+}) + R(O^{2-}) = \frac{a}{2} = 0,5a$

Contact Ba²⁺/O²⁻ \rightarrow distance minimale entre Ba²⁺ et O²⁻ \Rightarrow demi-diagonale d'une face.

(2) $R(Ba^{2+}) + R(O^{2-}) = \frac{a\sqrt{2}}{2} = 0,71a$

b) Relation (1): $R(Ti^{4+}) + R(O^{2-}) = 208 \text{ pm} \Rightarrow$ donnerait $a = 416 \text{ pm}$.

Relation (2): $R(Ba^{2+}) + R(O^{2-}) = 275 \text{ pm} \Rightarrow$ donnerait $a = 389 \text{ pm}$.

c) Si la condition (1) est vérifiée, alors forcément Ba²⁺ s'insère sans problème. Ce ne serait pas le cas si la relation (2) était vérifiée \Rightarrow Contact O²⁻/Ti⁴⁺

⑦ a = 416 pm (cf 6 a).

Volume $a^3 = 7,2 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3$

$V_{occupé} = \frac{4}{3}\pi(R(Ba^{2+})^3 + R(Ti^{4+})^3 + 3R(O^{2-})^3) = 4,6 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3$

$n_{matière} = \frac{1}{M_A} (1M_{Ba} + 1M_{Ti} + 3M_O) = 3,87 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$

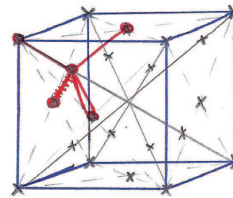
\Rightarrow $C = 0,64$ | $\rho = 5,4 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ⑦

EXERCICE 9

1- Structure cristalline du germanium

a) configurations externes identiques ($ns^2 np^2$) \Rightarrow 4^{ème} colonne : la 14^{ème}.

b)



1 atome de Ge à chaque sommet
 1 atome de Ge au centre de chaque face.
 2 atomes de Ge par diagonale du grand cube (aux quarts à partir des sommets)
 \Rightarrow ds site tétraédrique.

1 site tétraédrique a été explicité sur le schéma.

cristal covalent: les atomes sont liés à 4 autres atomes par liaison covalente

c) $d_{Ge} = \frac{a\sqrt{3}}{4}$ (quart diagonale cube) \Rightarrow $a_{Ge} = 557 \text{ pm}$ Rq: $a_{Si} = 543 \text{ pm}$

4 atomes de Ge par maille ($a^3 = 1,73 \cdot 10^{-28} \text{ m}^3$) \Rightarrow $N_{Ge} = \frac{4}{a^3} = 2,3 \cdot 10^{28}$ atomes par m^3
 $\rho_{Ge} = 2,8 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

d) $C = \frac{4 \times \frac{4}{3} \pi (R_{Ge})^3}{a^3} = 0,18$ (18% de l'espace est occupé).

2- Alliage Si_{1-x}Ge_x

a) Ge et Si cristallisent selon le m^{ème} type de structure cristalline. D'autre part, ils ont des rayons covalents très proches } Alliage \rightarrow str. diamant

b) $a(x) = x a_{Ge} + (1-x) a_{Si} \Rightarrow a(x=0,25) = 546 \text{ pm}$.

Le silicium pur a un paramètre de maille de 543 pm. La paraité de la cristallisation de l'alliage devrait être correcte car le paramètre de maille de l'alliage est proche de celui du silicium (546 pm pr 543 pm).

Tout se passe donc comme si le cristal de silicium continuait à croître.

c) 4 atomes par maille dont 75% sont du silicium \Rightarrow 3 atomes de Si et 1 atome de Ge.

Volume maille: $a(x=0,25)^3 = 1,63 \cdot 10^{-28} \text{ m}^3$

$N'_{Ge} = \frac{1}{(a')^3} = 6,1 \cdot 10^{27}$ (atomes de Ge) $\cdot \text{m}^{-3}$

$N'_{Si} = \frac{3}{(a')^3} = 1,8 \cdot 10^{28}$ (atomes de Si) $\cdot \text{m}^{-3}$

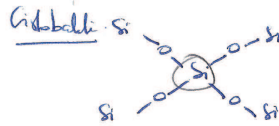
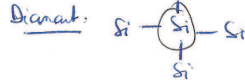
$\rho = \frac{M_{Ge} + 3M_{Si}}{M_A \cdot (a')^3} = 1,6 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

⑧

3. Cristobalite.

a) Si O est situé à mi-distance de 2 siliciums, ces 2 atomes de Si sont ses plus proches voisins $\Rightarrow [O/Si] = 2$

En revanche, ds le diamant, Si est entouré (il est lié) à 4 autres atomes de Si. Ds le cristobalite, 1 oxygène s'est intercalé entre chaque paire de Si.
 \Rightarrow Si est entouré de 4 O $\Rightarrow [Si/O] = 4$



b) $d = 3,32 \Rightarrow \rho_{SiO_2} = 2,32 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

4 motifs SiO_2 par maille $\Rightarrow \rho = \frac{4 M_{SiO_2}}{V_A a^3}$

$\Rightarrow a = \left(\frac{4 M_{SiO_2}}{V_A \rho} \right)^{1/3} = 556 \text{ pm}$

c) Si est au quart ds diagonals du cube $\Rightarrow d_{Si-Si} = \frac{a\sqrt{3}}{4}$

Si l'atome d'oxygène est équidistant de 2 atomes de silicium, alors $d_{Si-O} = \frac{a\sqrt{3}}{8}$

$\Rightarrow d_{Si-O} = 120 \text{ pm}$

EXERCICE 10

A- Etude du fer α .

① $Z = 2$ atomes de fer/maille. Coordonnée = 8.

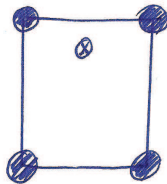
② $C_F = 0,68$. ③ $\rho_\alpha = \frac{2 M_{Fe}}{V_A (a_\alpha)^3} \Rightarrow a_\alpha = \left(\frac{2 M_{Fe}}{V_A \rho_\alpha} \right)^{1/3} = 287 \text{ pm}$

④ Contact sur la diagonale du cube $\Rightarrow a\sqrt{3} = 4R_\alpha$
 $\Rightarrow R_\alpha = \frac{a\sqrt{3}}{4} = 124 \text{ pm}$

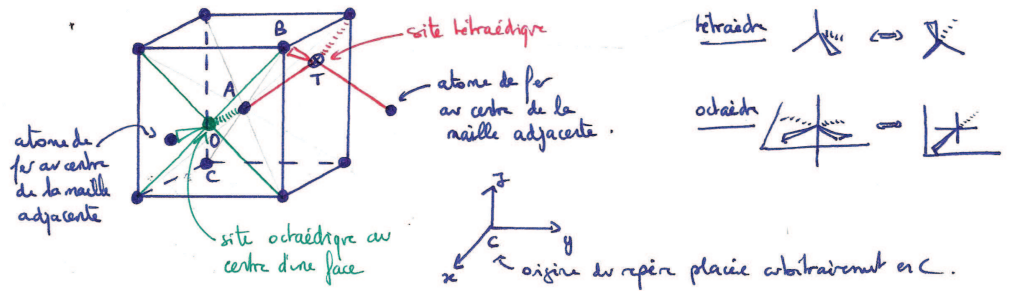
⑤ sites octaédriques $\rightarrow (\frac{1}{2}, 0, 0)$ représente le milieu d'un arête.
 $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 1)$ représente le centre d'une face.

sites tétraédriques $\rightarrow (\frac{1}{2}, 0, \frac{3}{4})$ représenté par le signe \otimes sur le schéma d'une face ci-contre
 \Rightarrow 4 sites T par face

Le chacun étant partagé par 2 mailles.



⑨



⑥ Il faut commencer par regarder si les figures (octaèdre et tétraèdre) sont régulières (i.e. le centre de la cavité est à égale distance des sommets). Si ce n'est pas le cas, la condition d'habitabilité de la cavité sera obtenue en considérant un contact selon la plus petite distance.

\rightarrow site tétraédrique : distances BT et AT égaux. (coordonnées en unité "a").

T $\begin{matrix} 1/2 \\ 1 \\ 3/4 \end{matrix}$ B $\begin{matrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{matrix}$ A $\begin{matrix} 1/2 \\ 1/2 \\ 1/2 \end{matrix}$

BT = $a \sqrt{\left(1 - \frac{1}{2}\right)^2 + (1-1)^2 + \left(1 - \frac{3}{4}\right)^2} = \frac{a\sqrt{5}}{4}$
 AT = $a \sqrt{\left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2}\right)^2 + \left(\frac{1}{2} - 1\right)^2 + \left(\frac{1}{2} - \frac{3}{4}\right)^2} = \frac{a\sqrt{5}}{4}$

condition d'habitabilité:
 $R_{Tmax} + R_\alpha = \frac{a\sqrt{5}}{4}$
 $R_{Tmax} = 36,4 \text{ pm}$

\rightarrow site octaédrique : distances OA et OB non égaux.

$\begin{cases} OA = \frac{a}{2} = 0,5a \\ OB = \frac{a\sqrt{2}}{2} = 0,7a \end{cases} \rightarrow$ condition d'habitabilité:
 $R_{Omax} + R_\alpha = \frac{a}{2} \Rightarrow R_{Omax} = 12,5 \text{ pm}$

⑦ L'acier ne peut être obtenu par insertion du carbone ds les sites interstitiels du fer α sans engendrer de déformation de la structure cristalline ($R_C > R_{O\alpha}$ et $R_{T\alpha}$).

B- Etude du fer γ .

⑧ $C_\gamma = 0,74$ (cf cours).

⑨ Contact sur une diagonale de face : $a\sqrt{2} = 4R_\gamma \Rightarrow a_\gamma = 365 \text{ pm}$

⑩ Volume molaire $\Rightarrow V_\gamma(910^\circ\text{C}) = \frac{V_{maille}}{m_{maille}} = \frac{(a_\gamma)^3}{4 \times \frac{M_{Fe}}{V_A}} \Rightarrow V_\gamma(910^\circ\text{C}) = 13,1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$

1 kg $\Leftrightarrow 1,31 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \Leftrightarrow 0,131 \text{ L}$

⑩

11) sites octaédriques \leftarrow milieux des arêtes
 centre du cube.

sites tétraédriques : aux quarts des diagonales du cube à partir du sommet
 (= au centre des 8 petits cubes qui forment la maille cubique).

12) site octaédrique : contact si $R_{O^{2-}} + R_Y = \frac{a}{2}$ (demi-arête) $\Rightarrow R_{O^{2-}} = 53,5 \text{ pm}$

13) site tétraédrique contact si $R_{Tg} + R_Y = \frac{a\sqrt{3}}{4} \Rightarrow R_{Tg} = 29,0 \text{ pm}$

14) là encore, l'insertion du carbone sans déformation de la maille semble impossible.

C - Etude de l'oxyde de fer II

15) Maille de FeO de type NaCl \rightarrow l'anion O^{2-} forme un réseau cfc
 \rightarrow les cations Fe^{2+} s'insèrent dans tous les sites octaédriques du réseau cfc des ions O^{2-} .

Schéma : voir cours.

16) Description d'un autre oxyde.

\rightarrow ions oxyde O^{2-} : réseau cfc $\Rightarrow Z_{O^{2-}} = 4$

\rightarrow ions Fe^{2+} : $\frac{1}{2}$ des sites tétraédriques : il y en a 8 par maille $\Rightarrow Z_{Fe^{2+}} = 4$

\rightarrow ions Fe^{3+} : $\frac{1}{2}$ des sites octaédriques : il y en a 4 par maille $\Rightarrow Z_{Fe^{3+}} = 2$.

"Formule" du sel : $(Fe^{3+})_2 (Fe^{2+})_2 (O^{2-})_4 \Rightarrow Fe_3O_4$
 "électroneutralité" : ok.

17) Si contact existant entre Fe^{2+} et O^{2-} , $R(Fe^{2+}) + R(O^{2-}) = \frac{a\sqrt{3}}{4} \Rightarrow a = 494 \text{ pm}$
 site T

Si contact existant entre Fe^{3+} et O^{2-} , $R(Fe^{3+}) + R(O^{2-}) = \frac{a}{2} \Rightarrow a = 398 \text{ pm}$
 site O

La bonne valeur du paramètre de maille est $a = 494 \text{ pm}$. car, si $a = 398 \text{ pm}$, l'ion Fe^{2+} ne peut entrer dans le site octaédrique (il faut pour cela que $a \geq 494 \text{ pm}$). Les 2 cations entrent donc dans leurs sites respectifs
 si $a = 494 \text{ pm}$.

Les 2 anions O^{2-} sont distants de $\frac{a\sqrt{2}}{2}$ (demi-diagonale d'une face) dans un réseau cfc.

distance entre 2 $O^{2-} = \frac{a\sqrt{2}}{2} = 349 \text{ pm}$.

Somme des rayons ioniques de 2 ions O^{2-} : $2R(O^{2-}) = 264 \text{ pm}$.

\Rightarrow il n'y a (heurt) pas contact entre 2 ions O^{2-} .

