ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE MAI 2019

Toute documentation permise
Calculatrices : modèles autorisés seulement
Durée de l'examen : 3 heures

04-MB-11 – INGÉNIERIE OPTOÉLECTRONIQUE

Cet examen est sur 100 points.

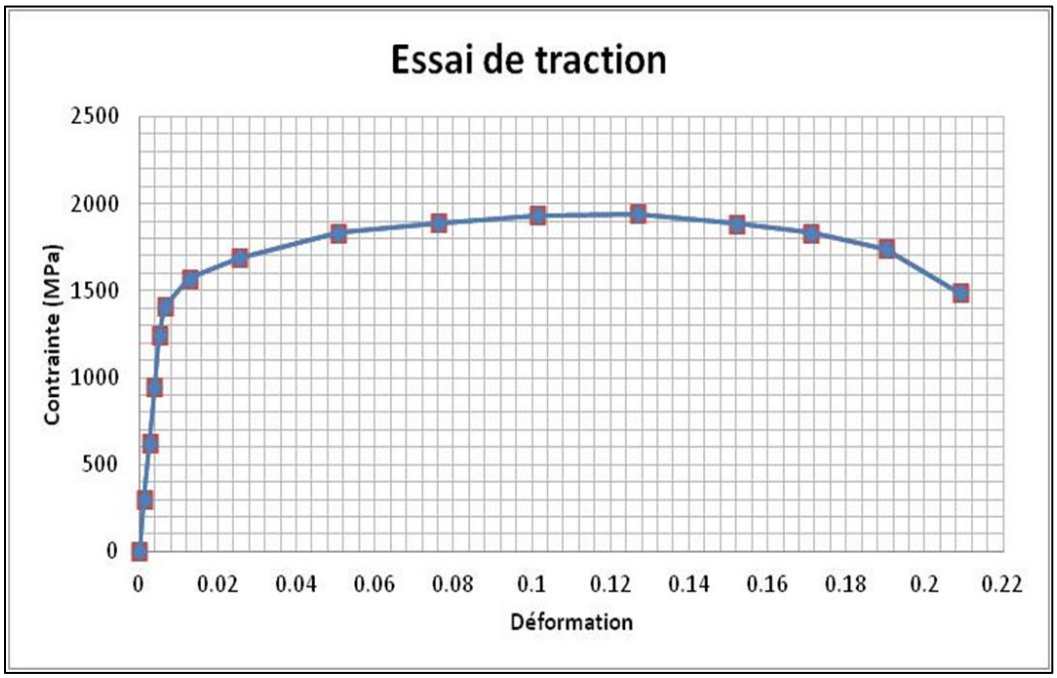
#1) On applique une force de traction de 312 N à un fil de titane (E =107 GPa et ν = 0.34). Sachant que son diamètre initial est de 3.0 mm et que sa longueur initiale est de 50 cm, (i) calculez la contrainte en MPa, (ii) calculez son allongement en mètre (iii) calculez sa longueur finale en mètre, (iv) calculez la déformation sur le rayon et (v) calculez le rayon final. (15 pts)

#2) Vous obtenez la courbe de traction suivante pour un alliage quelconque et son grossissement sur les figures 1 et 2. (5pts)

(A) Sur le graphique, déterminez le point de rupture. (indiquer la lettre A) (1pt)
(B) Sur le graphique, déterminez le point de striction. (indiquer la lettre B) (1pt)
(C) Quelle est la valeur approximative de la résistance mécanique? (1pt)

Rm = _____

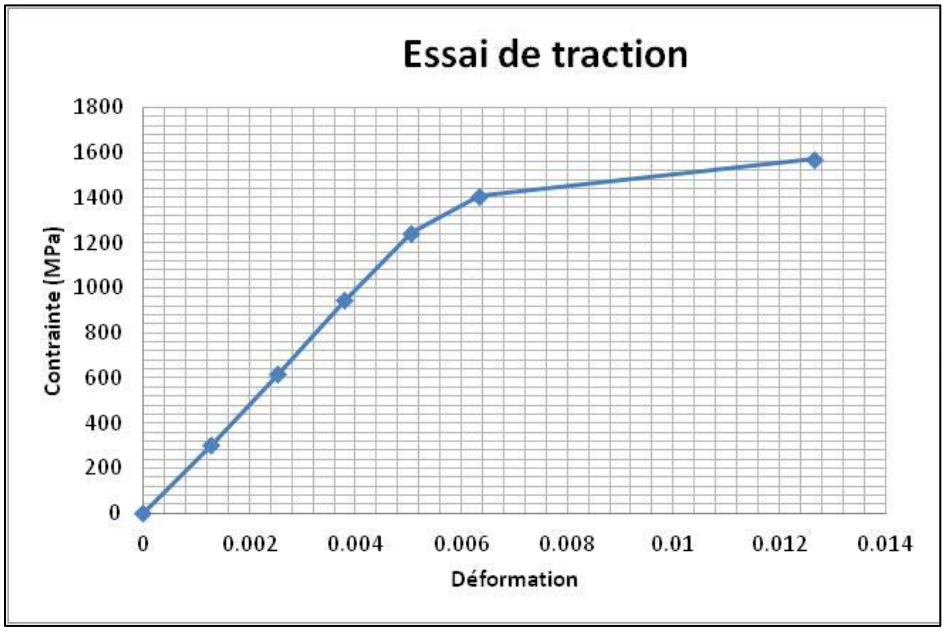
Figure 1



(D) Montrez graphiquement la valeur du $Re_{0.2\%}$ et indiquez la valeur. (2pts)

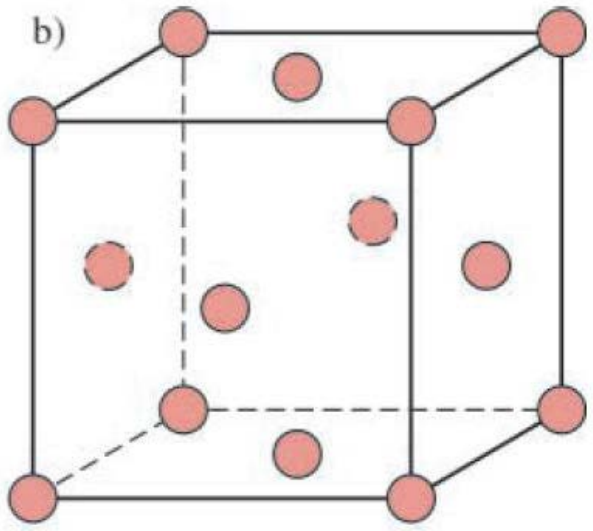
$Re_{0.2\%}$ = _____

Figure 2



#3a) (5pts)

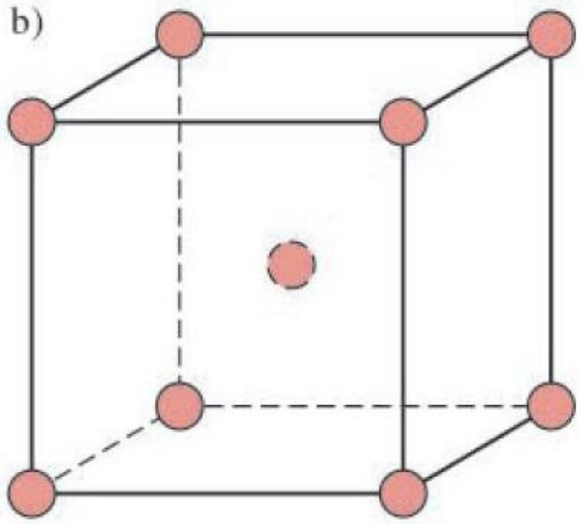
(A) Dans une maille élémentaire cubique face centrée, tracez les directions [110] et [111] (2pts)



(B) Calculez la densité d'atomes par nm sur ces deux directions, s'il s'agit d'une maille cubique faces centrées avec un rayon atomique de 0.1849 nm. (3pts)

#3b) (5pts)

(A) Dessinez le plan (110) dans une maille cubique centrée (1pt)



(B) Montrez l'arrangement des atomes dans ce plan s'il s'agit d'un cubique centré (indiquez les mesures des côtés) (2pts)

(C) Calculez le nombre d'atomes par mètre carré pour ce plan où le paramètre de maille (*a*) est 0,35 nm. (2pts)

#4) (10pts)

(a) Écrivez l'équation de loi de Bragg (2pts)

(b) Le pic (110) du fer survient à un angle $2\theta = 44°$ (figure ci-dessous). Calculez le paramètre de maille du fer. (4pts)

(c) Quel est l'angle de diffraction pour le pic (211)? Comparez votre résultat avec la figure ci-dessous. (4pts)

(sachant que λ=0,154 nm)

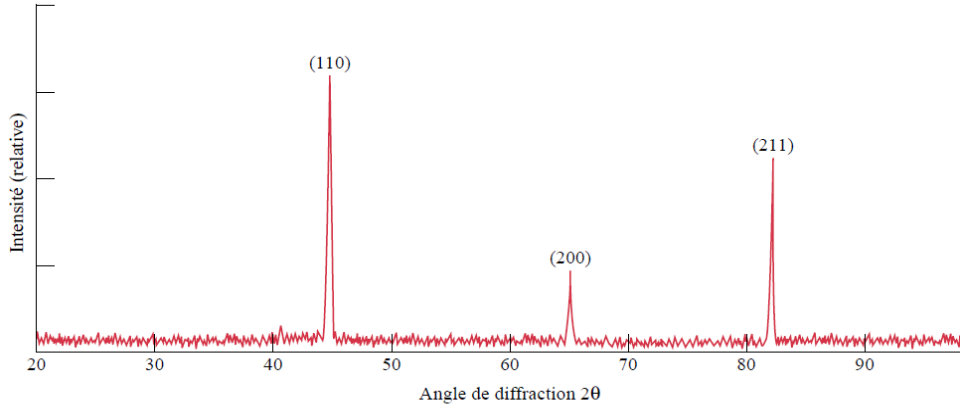


FIGURE 3.20 Diagramme de diffraction d'un échantillon de fer-α polycristallin.

#5) La dureté d'un acier doit être déterminée. En utilisant un appareil de dureté Brinell avec une charge de 500kg et une bille de carbure de diamêtre 10 mm vous obtenez un diamètre d'indentation de 1.67 mm. Quelle sera sa dureté Brinell? (10pts)

#6) Calculez la dureté Vickers (HV) du matériau si vous utilisez une charge de 100kgf et vous mesurez 2 diagonales d_1 = 0.87mm et d_2 = 0,91mm (5pts)

#7). On chauffe lentement à partir de 1300°C un alliage cuivre nickel composé de 70%m de Ni et de 30%m de Cu. (10 pts)

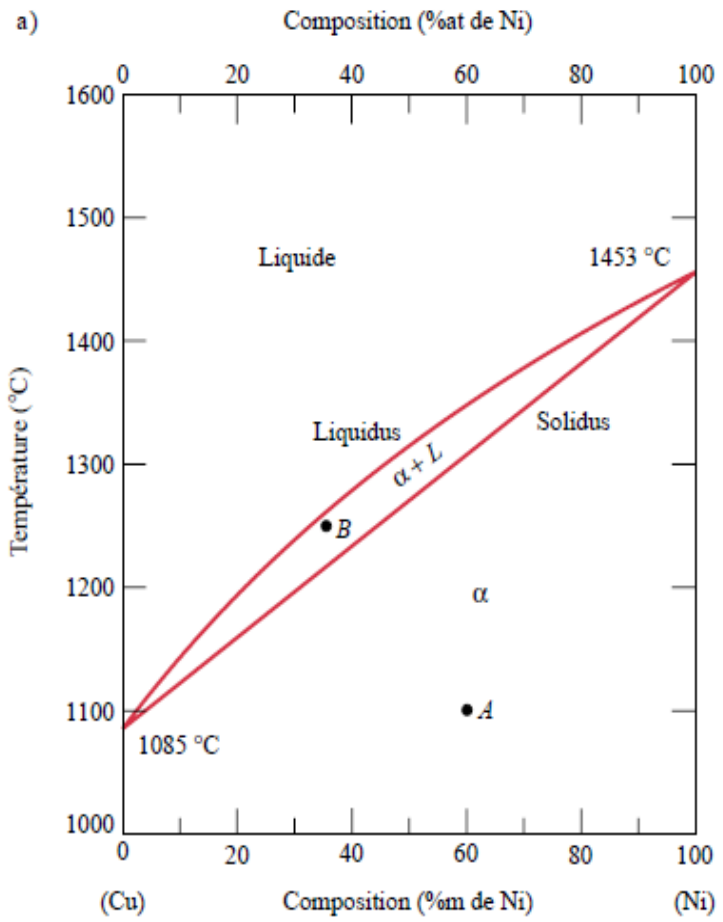
(i) À quelle température la première phase liquide apparait? (2 pts)

(ii) Quelle est la composition de la phase liquide? (2 pts)

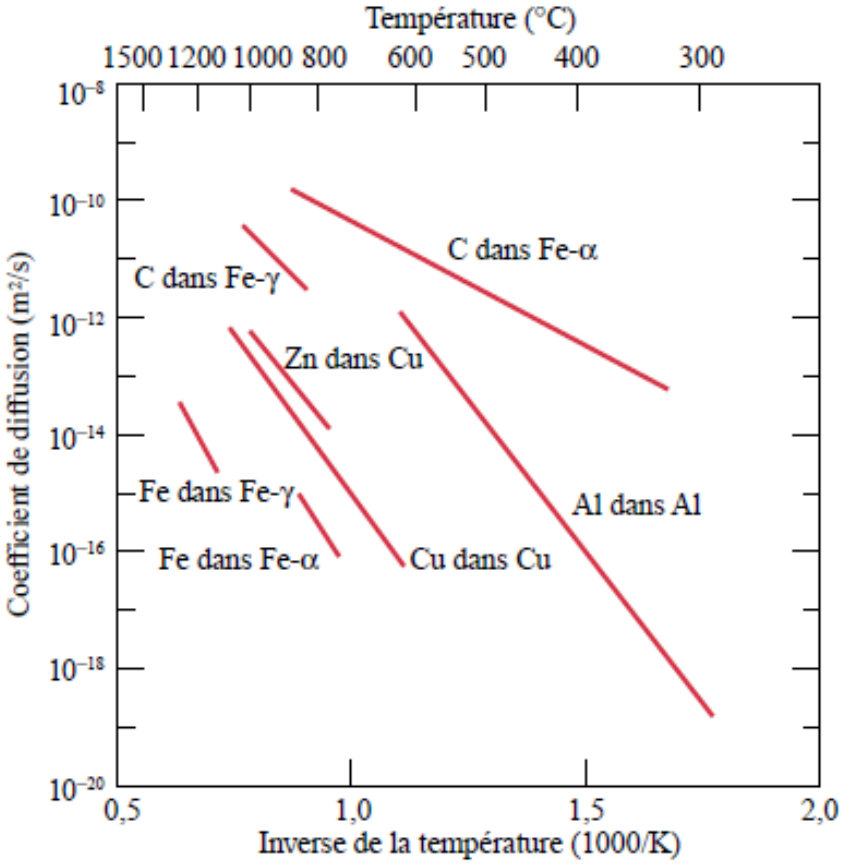
(iii) Quelle est la teneur en liquide et la teneur en solide à une température de 1350°C (2 pts)

(iv) À quelle température l'alliage est-il complètement fondu? (2 pts)

(v) Quelle est la composition du dernier solide avant la fusion complète? (2 pts)



#8) : Utilisant cette figure, calculez l'énergie d'activation en électronvolt (eV) du carbone (C) diffusant dans Fer (Fe-α) (10pts)



#9) : Un fil d'aluminium de 10 m de longueur à une température de -2°C est immobilisé. (i) De combien de °C devrait être chauffé le fil pour obtenir une contrainte de 90 MPa. α = 23.6 x 10^{-6} (1/°C) et E = 69 GPa. (4pts) (ii) Quelle serait la déformation. (4pts) (iii) Quelle sera la contrainte s'il n'est pas immobilisé? (2pts)?

#10: Selon la théorie de bandes expliquez (avec phrases et schéma)

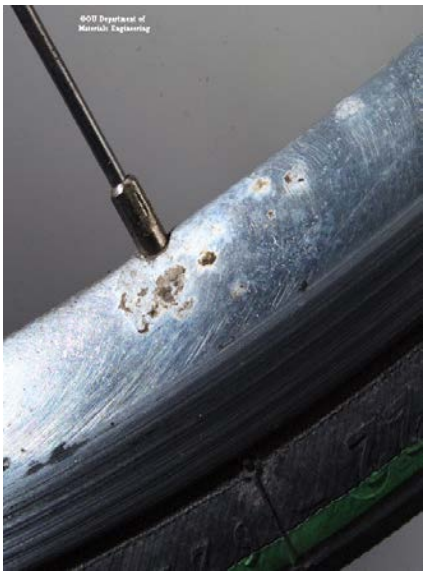
Conducteur : (*4pts*)

Isolant : (*4pts*)

Semi-conducteur : (2*pt*)

Question 11: Quel métal va corroder dans les systèmes galvaniques suivants. Selon les images fournies, identifiez les métaux (avec une flèche)? (5 pts) : (utilisez le tableau de potentiel (selon l'équation de Nerst) voir le document supplémentaire)

Fe-Al (2.5 pts)



Cr-Al (2.5 pts)

Documents de soutien

Crystallographie

λ =0,154 nm pour Cu K_{alpha1}

$$\lambda = 2d_{hkl}\sin\theta$$

$$d_{hkl} = \sqrt{\frac{a^2}{h^2+k^2+l^2}}$$

Dureté et tests mécaniques

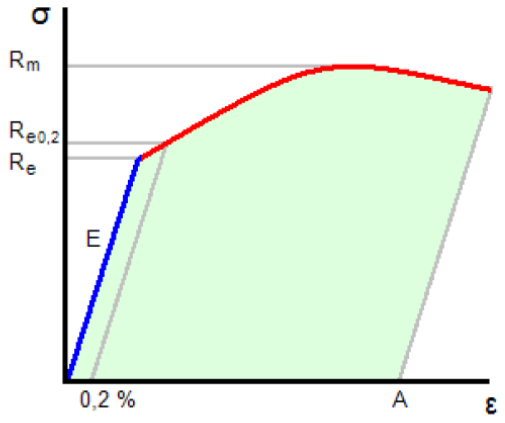
TRACTION – Relation entre contrainte et déformation

Relation entre les contraintes et les déformations:

• dans le domaine élastique, toute contrainte produit une déformation qui lui est proportionnelle, suivant la ***loi de Hooke***:

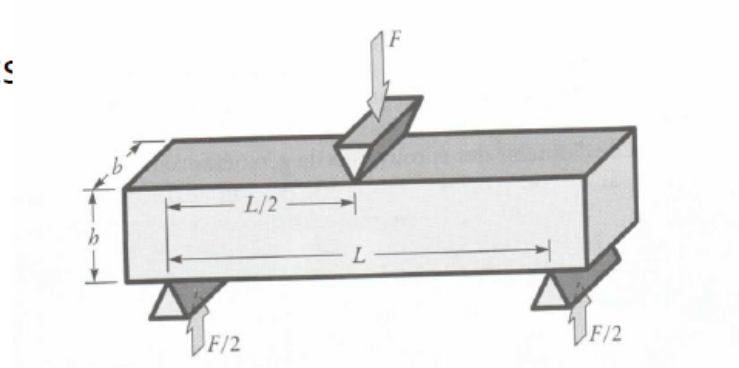
$$\boxed{\sigma = E\varepsilon}$$

où E: Module d'élasticité, constante du matériau utilisé [GPa]



À travers l'essai de traction, on peut déterminer certaines propriétés des matériaux comme:
- Le module d' Young E,
- La limite élastique R_e,
- La limite conventionnelle d'élasticité à 0, 2% ($R_{e0,2}$)
-La Résistance à la traction R_m (qui, dans le cas des matériaux fragiles est confondue avec la limite élastique R_e).
-Allongement à la rupture (A%)
-Striction à la rupture (Z%)

- Flexion 3 points



$$|\sigma_{max}| = \frac{3}{2}\left(\frac{FL}{bh^2}\right)$$

F = charge (N)
b = largeur (mm)
h = hauteur (mm)
L = distance entre les appuis (mm)

Brinell

Bille d'acier dure ou de carbure (10 mm dia.)

Charge : 500 ou 3000 kgf

Mesure du diamètre de l'empreinte (d)

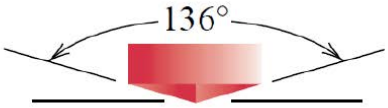
Vue latérale Vue de dessus

$$HB = \frac{2F}{\pi D(D-\sqrt{D^2-d^2})}$$

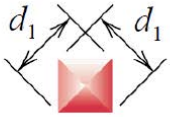
Vickers (HV)

- Pyramide de diamant (angle 136° entre face opposées)
- Charge : 2 à 100 kgf
  - (microdureté 5 à 1000 gf)
- Mesure des diagonales d

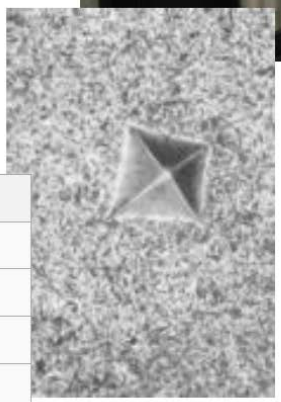
$$HV = \frac{1{,}854\,F}{d^2}$$



Vue latérale



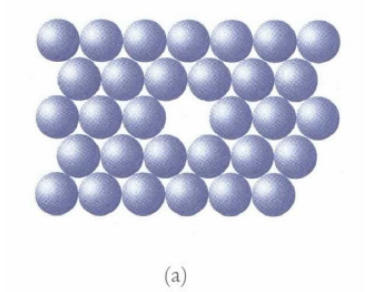
Vue de dessus



Material	Value
316L stainless steel	140HV
347L stainless steel	180HV
Carbon steel	55–120HV
Iron	30–80HV

Nombre de lacunes en fonction de la température

$$n_l = Ne^{\left(-\frac{Q_l}{kT}\right)}$$



(a)

n_l : nombre de lacunes
N : nombre de sites atomiques
Q_l : Énergie de formation de lacune
k : Constante de Boltzmann
1.38 * 10^{-23} J/K
8,62 *10^{-5} eV/K
T : température en K (celcius +273)

L'effet de la température sur le coefficient de diffusion (D)

$$D = D_0 \exp\left(-\frac{Q_d}{RT}\right) \tag{5.8}$$

où :

D_0 = facteur préexponentiel indépendant de la température (m^2/s),

Q_d = **énergie d'activation** de la diffusion (J/mol, cal/mol ou eV/atome),

R = constante universelle des gaz (8,31 J/mol·K ou $8{,}62 \times 10^{-5}$ eV/atome·K),

T = température absolue (K).

Facteurs influant sur la diffusion

$$D = D_0 \exp\left(-\frac{Q_d}{RT}\right)$$

L'application du logarithme naturel à l'équation 5.8 donne :

$$\ln D = \ln D_0 - \frac{Q_d}{R}\left(\frac{1}{T}\right) \tag{5.9a}$$

si on applique le logarithme à base 10, on obtient :

$$\log D = \log D_0 - \frac{Q_d}{2{,}3R}\left(\frac{1}{T}\right) \tag{5.9b}$$

Puisque D_0, Q_d et R ont des valeurs constantes, l'équation 5.9b prend la forme de l'équation d'une droite, soit :

$$y = b + mx$$

Contraintes thermiques

- Si un matériaux est immobiles et soumise à un gradient de température, il pourra y avoir apparition de contrainte σ

$$\sigma = E\alpha(T_0 - T)$$

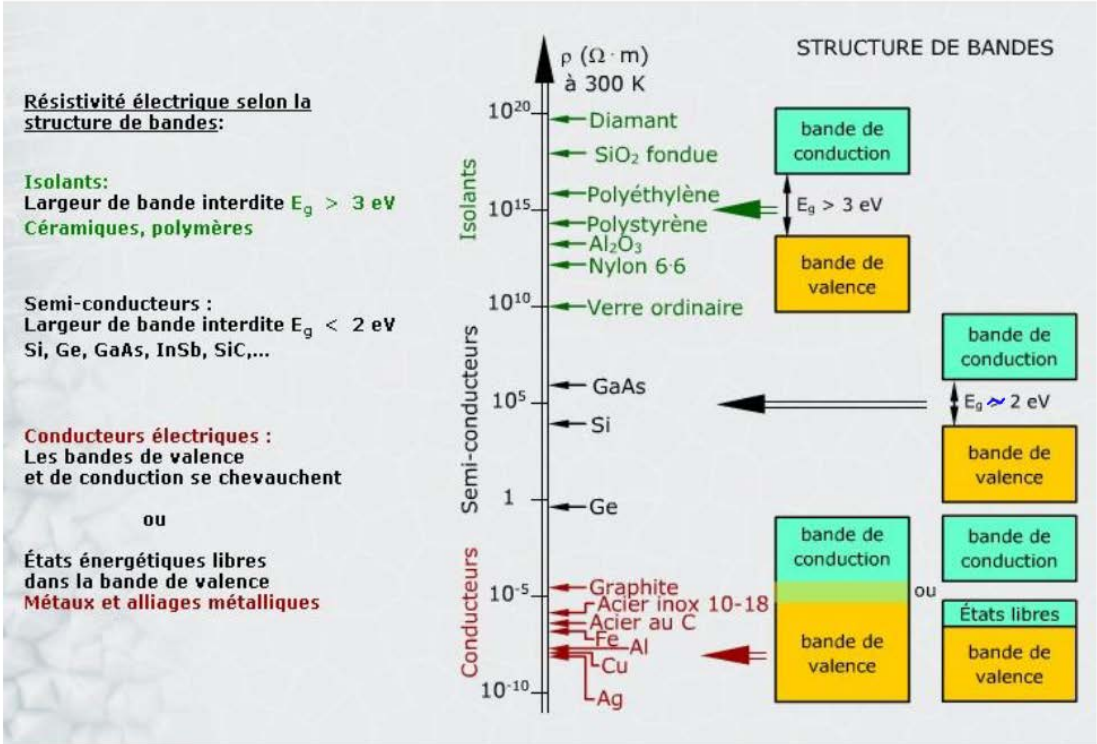
Où : E est le module d'élacticité
T la température et
α : le coefficient de dilatation thermique

$$\frac{l - l_0}{l_0} = \alpha(T - T_0)$$

$$ou$$

$$\frac{\Delta l}{l_0} = \alpha(\Delta T)$$

Théorie des bandes: la bande interdite (E_g) vs résistivité



Corrosion des métaux en milieu aqueux – Potentiels d'équilibre

Potentiel d'équilibre : (à 25 °C)

$$E = E_0 - \frac{0{,}059}{n} \log\left[M^{n+}\right]$$: ***relation de Nernst***

où n: nombre d'électrons engagés

E_0: potentiel « normal » du métal

M^{n+}: concentration molaire en ions M^{n+}

Le tableau 8.1 donne les valeurs du potentiel d'équilibre pour une concentration en ion = 1 M = 1 mol/L

Tableau 8.1 Potentiels standard d'équilibre d'oxydo-réduction, à 25 °C

Réaction	Potentiel standard d'équilibre E_H (V)
$Au \rightleftarrows Au^{3+} + 3e$	+1,50
$2\,H_2O \rightleftarrows O_2 + 4\,H^+ + 4e$	+1,23
$Pt \rightleftarrows Pt^{2+} + 2e$	+1,19
$Ag \rightleftarrows Ag^+ + e$	+0,80
$4\,OH^- \rightleftarrows O_2 + 2\,H_2O + 4e$	+0,40
$Cu \rightleftarrows Cu^{2+} + 2e$	+0,34
$H_2 \rightleftarrows 2H^+ + 2e$	0
$Pb \rightleftarrows Pb^{2+} + 2e$	−0,13
$Sn \rightleftarrows Sn^{2+} + 2e$	−0,14
$Ni \rightleftarrows Ni^{2+} + 2e$	−0,25
$Cd \rightleftarrows Cd^{2+} + 2e$	−0,40
$Fe \rightleftarrows Fe^{2+} + 2e$	−0,44
$Cr \rightleftarrows Cr^{3+} + 3e$	−0,74
$Zn \rightleftarrows Zn^{2+} + 2e$	−0,76
$Al \rightleftarrows Al^{3+} + 3e$	−1,67
$Mg \rightleftarrows Mg^{2+} + 2e$	−2,37
$Na \rightleftarrows Na^+ + e$	−2,71