FORMULAIRE "Matériaux: de la Chimie aux Propriétés » / FORMULARY "Materials : from Chemistry to Properties"

DIFFRACTION	DIFFRACTION	
Loi de Bragg:	Bragg's law :	$2d_{hkl} \sin \theta = n\lambda$
Espacement interplan pour un système cubique	Interplanar spacing for a cubic system :	$d_{hkl} = a/\sqrt{h^2+k^2+l^2}$
Indices de Miller: direction [hkl], famille de directions ⟨hkl⟩	Miller indices: direction [hkl], set of directions ⟨hkl⟩	
plan (hkl), famille de plans {hkl}	plane (hkl), set of planes {hkl}	

ELASTICITE	ELASTICITY	
Contrainte uniaxiale	Uniaxial stress :	$\sigma_{xx} = F_x/S_x$ [Pa]
Contrainte de cisaillement	Shear stress :	$\tau = \sigma_{xy} = F_x/S_y$ [Pa]
Composantes d'une déformation uniaxiale	Uniaxial strain components :	$\varepsilon_{xx} = \Delta L_x/L_{0x}$, $\varepsilon_{yy} = \Delta L_y/L_{0y}$, $\varepsilon_{zz} = \Delta L_z/L_{0z}$
Déformation en cisaillement	Shear strain :	$\varepsilon_{xy} = \frac{1}{2}\Delta L_x/L_{0y}$
Module élastique (ou de Young) E	Elastic (or Young's) modulus E :	$\sigma_{xx} = E\varepsilon_{xx}$
Coefficient de Poisson ν (déformation selon x)	Poisson's coefficient ν (deformation along x) :	$\varepsilon_{yy} = \varepsilon_{zz} = -\nu\varepsilon_{xx}$
Changement de volume lors d'une déformation uniaxiale selon x	Volume change during uniaxial deformation along x	$\Delta V/V = (1-2\nu)\varepsilon_{xx}$
Changement de surface transverse	Transverse surface change :	$\Delta S/S_0 = -2\nu\varepsilon_{xx}$
Module de cisaillement G	Shear modulus G :	$\sigma_{xy} = G\,2\varepsilon_{xy} = G\,\Delta L_x/L_{0y}$
Module de compression K	Compression modulus :	$K = -V_0(\Delta p/\Delta V)$
Pour un solide isotrope	For an isotropic solid :	$G = \frac{1}{2}\ E/(1+\nu)$ / $K = \frac{1}{3}\ E/(1-2\nu)$
Viscosité d'un liquide η [N s m^{-2}]	Viscosity of a fluid η [N s m^{-2}] :	$\tau\left(\sigma_{xy}\right) = \eta\frac{dv_x}{dy} = \eta\dot{\gamma} = \eta\dot{\varepsilon}_{xy}$
τ : contrainte de cisaillement, $\dot{\gamma}$: taux de cisaillement	τ : shear stress, $\dot{\gamma}$: shear rate	
Densité d'énergie élastique lors d'une déformation uniaxiale	Elastic energy density during uniaxial deformation :	$w = \frac{1}{2}E\,\varepsilon_{xx}^2 = \frac{1}{2}\sigma_{xx}^2/E$ [J m^{-3} = Pa]
Module élastique du potentiel de Lennard-Jones	Elastic modulus for Lennard-Jones' potential :	$E = 72\varepsilon_0/r_0^3$

DURETE – TENACITE	HARDNESS - TOUGHNESS	
Dureté Vickers	Vickers hardness :	$H_V = 1.854 \times (F/d^2)$ [kg mm^{-2}]
d : Moyenne des diagonales de l'empreinte de dureté	d : Average diagonal of the hardness imprint	
Lien entre dureté et limite élastique	Link between hardness and elastic limit :	$H_V[\text{MPa}] = gH_V \cong 3\sigma_Y$ [MPa]
Dureté Brinell	Brinell hardness :	$H_B = 0.102\,\frac{2F\,[\text{N}]}{\pi D\left(D-\sqrt{D^2-d^2}\right)\,[\text{mm}^2]}$
D : diamètre de l'indenteur ; d : diamètre de l'empreinte	D : indenter diameter ; d : imprint diameter	

Facteur d'intensité de contrainte — Stress intensity factor : $K_1 = \sigma_0\sqrt{\pi l}\ \ [\mathrm{Pa\ m^{1/2}}]$

Rayon de la zone plastique — Radius of the plastic zone : $r_y = (K_1)^2/(\pi\sigma_y^2)\ \ [\mathrm{m}]$

Ténacité K_{1c}, résilience $G_C[\mathrm{Jm^{-2}}] = 2\gamma + G_C^{pl}$ — Toughness K_{1c}, resilience $G_C[\mathrm{Jm^{-2}}] = 2\gamma + G_C^{pl}$: $K_{1c} = \sqrt{G_c E}$

γ : énergie de surface ; G_C^{pl} : énergie plastique — γ : surface energy ; G_C^{pl} : plastic energy

Propagation spontanée d'une fissure — Spontaneous propagation of a crack : $K_1 \geq K_{1c}$

PLASTICITE — **PLASTICITY**

Limite élastique d'un matériau — Elastic limit of a material : $\sigma_Y\ \ [\mathrm{Pa}]$

Métaux : $\sigma_{0.2}$ Polymères : $\sigma_{0.5}$ — Metals : $\sigma_{0.2}$ Polymers: $\sigma_{0.5}$

Résistance maximum — Ultimate tensile stress : $\sigma_{ts} = \sigma_{max}\ \ [\mathrm{Pa}]$

Ductilité d'un matériau : déformation plastique à rupture — Ductility of a material : plastic deformation at rupture : ε_R

Déformation totale — Total strain : $\varepsilon_{xx} = \varepsilon_{xx}^{el} + \varepsilon_{xx}^{pl}$

Ecrouissage : augmentation de σ_Y par les dislocations — Work hardening : increase of σ_Y by dislocations

Dislocation coin : $\vec{b} \perp \vec{t}$ / Dislocation vis : $\vec{b} \parallel \vec{t}$ — Edge dislocation : $\vec{b} \perp \vec{t}$ / Screw dislocation : $\vec{b} \parallel \vec{t}$

$\vec{b}$: vecteur de Burgers, $\vec{t}$: vecteur de la ligne de dislocation — $\vec{b}$: Burgers vector, $\vec{t}$: vector of the dislocation line

FATIGUE — **FATIGUE**

Pour une contrainte variable $\pm\sigma_a$ imposée ($\sigma_{moy} = 0$), une courbe de Wöhler reporte $|\sigma_a|$ en ordonnée et le nombre de cycles à rupture $N_f(\sigma_a)$ en abscisse

For a variable imposed stress $\pm\sigma_a$ ($\sigma_{moy} = 0$), a Wöhler curve shows $|\sigma_a|$ on the y-axis and the number of cycles at rupture $N_f(\sigma_a)$ on the x-axis

Endurance à la fatigue : contrainte σ_a correspondant à une rupture après $N_f = 10^7$ cycles

Fatigue endurance : stress σ_a corresponding to a rupture after $N_f = 10^7$ cycles.

Si l'amplitude de la contrainte $\pm\sigma_a$ ($\sigma_{moy} = 0$) varie dans le temps, on applique la règle de Miner : il y a rupture lorsque $\sum \frac{N_i}{N_{fi}(\sigma_{ai})} = 1$

When the amplitude of the applied stress $\pm\sigma_a$ ($\sigma_{moy} = 0$) varies, Miner's rule states that rupture occurs when $\sum \frac{N_i}{N_{fi}(\sigma_{ai})} = 1$

Loi de Paris: l'avance dl d'une fissure pour un incrément de cycles dN est telle que : $\frac{dl}{dN} = A\Delta K_1^m$; A, m constantes

Paris' law : the propagation dl of a crack during an increment dN of the number of cycles is such that : $\frac{dl}{dN} = A\Delta K_1^m$; A, m constants

PROPRIETES THERMIQUES — **THERMAL PROPERTIES**

Chaleur spécifique — Specific heat : $c_p = \frac{1}{m}\frac{dH}{dT}\ \ [\mathrm{JK^{-1}kg^{-1}}]$

Chaleur latente de transformation — Latent heat of transformation : $L = \frac{\Delta H}{m}\ \ [\mathrm{J\ kg^{-1}}]$

Flux thermique, avec λ conductivité thermique $[\mathrm{Wm^{-1}K^{-1}}]$ | Heat flux, with λ thermal conductivity $[\mathrm{Wm^{-1}K^{-1}}]$: $j_T = -\lambda \frac{dT}{dz}$ $[\mathrm{Wm^{-2}}]$

Equation de la chaleur, $a = \frac{\lambda}{\rho c_p}$ $[\mathrm{m^2s^{-1}}]$ diffusivité thermique : | Heat flow equation, $a = \frac{\lambda}{\rho c_p}$ $[\mathrm{m^2s^{-1}}]$ thermal diffusivity of the material :

$$\frac{\partial(\rho h)}{\partial \mathrm{t}} = \rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} = -\frac{\partial j_T}{\partial z} = \lambda \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \qquad \text{ou/or} \qquad \frac{\partial T}{\partial t} = a \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}$$

Solution de l'équation de la chaleur, pour un milieu semi-infini ayant une température initiale T_2 avec une température imposée T_1 en $z = 0$:

Solution of the heat flow equation, for a semi-infinite media having an initial temperature T_2 and an imposed surface temperature T_1 at $z = 0$:

$$T(z,t) = T_1 - (T_1 - T_2) \times \mathrm{erf}\left(\frac{z}{2\sqrt{at}}\right) \qquad \text{avec/with} \qquad \mathrm{erf}(s) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^s e^{-\tau^2} \mathrm{d}\tau$$

Coefficient d'expansion thermique linéaire | Linear thermal expansion coefficient : $\alpha = dL/dT\, L^{-1}$ $[\mathrm{K^{-1}}]$

Déformation thermique | Thermal deformation : $\varepsilon_{xx}^{th} = \Delta L/L_0 = \alpha\,(T_1 - T_2)$

Nombre de Fourier, L/t^* : distance/temps caractéristiques | Fourier number, L/t^* characteristic distance/time : $\mathrm{Fo} = at^*/L^2$

DIFFUSION ATOMIQUE | ATOMIC DIFFUSION

Coefficient de diffusion | Diffusion coefficient : $D(T) = D_0 \exp\left[-\frac{Q}{RT}\right]$

Q énergie d'activation [J mol^{-1}], D_0 coefficient pré-exponentiel [m^{2}s^{-1}] | with Q activation energy [J mol^{-1}], D_0 pre-exponentiel coefficient [m^{2}s^{-1}]

1ère Loi de Fick : flux d'une espèce chimique | 1st Fick's law : flux of chemical species : $j_c = -D \frac{\partial C}{\partial z}$ $[\text{mole m}^{-2}\text{s}^{-1}]$

avec C : concentration $[\text{mole m}^{-3}]$ | with C : concentration $[\text{mole m}^{-3}]$

2ème loi de Fick : | 2nd Fick's law : $\frac{\partial C}{\partial t} = -\frac{\partial j_c}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial z^2}$

Nombre de Fourrier chimique (L : distance; t^* : temps) | Chemical Fourier number (L : distance; t^* : time) : $\mathrm{Fo_C} = Dt^*/L^2$

DIAGRAMME DE PHASES | PHASE DIAGRAM

Composition molaire/atomique (système binaire A+B) | Molar/atomic composition (binary system A+B) : $X_A = \frac{N_A}{N_A + N_B}$

Composition massique (système binaire A+B) | Mass composition (binary system A+B) : $C_A = \frac{m_A}{m_A + m_B}$

Règle des phases de Gibbs | Gibbs phase rule : $N_{DL} = 2 + N_C - N_P$

avec N_{DL} : nombre de degrés de liberté ; N_C : nombre de composants ; N_P : nombre de phases présentes dans le système

with N_{DL} : number of free parameters ; N_C : number of components ; N_P : number of phases present in the system

Loi des leviers déterminant la quantité d'une phase α, molaire, dans une région biphasée (α + β):

Lever rule giving the amount of phase α (molar) in a 2-phase region (α + β) :

$$\chi_\alpha = \frac{X_{B\beta} - X_{B0}}{X_{B\beta} - X_{B\alpha}}$$

avec : X_{B0} : composition nominale ; $X_{B\alpha}$: composition en B dans la phase α; $X_{B\beta}$: composition en B dans la phase β

with : X_{B0} : nominal composition ; $X_{B\alpha}$: composition in B of phase α; $X_{B\beta}$: composition in B of phase β

PROPRIETES ELECTRIQUES | **ELECTRICAL PROPERTIES**

Dipôle électrique $\vec{p}$ [As m] ; Polarisation $\vec{P} = \frac{1}{V}\sum_i \vec{p}_i$ [Asm^{-2}]	Electric dipole $\vec{p}$ [As m] ; Polarization $\vec{P}$ [Asm^{-2}] :	$\vec{p} = q\vec{d}$; $\vec{P} = \frac{1}{V}\sum_i \vec{p}_i$
Constante diélectrique relative du matériau	Relative dielectric constant of the material :	ε_r
Relation entre champ électrique $\vec{E}$ $[V/m]$ et polarisation $\vec{P}$	Relation between electric field $\vec{E}$ [V/m] and polarisation $\vec{P}$:	$\vec{P} = \varepsilon_0(\varepsilon_r - 1)\vec{E}$
Charge d'un condensateur Q, potentiel appliqué V	Electric charge of a capacity Q, potential appliqué V :	$Q = C\,V$

La capacitance C d'un condensateur plan, surface S, espacement d, rempli par une diélectrique, est donnée par:
The capacity C of a planar capacity, surface S, spacing d, filled with a dielectric, is given by :

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{S}{d}$$

Coefficient de perte diélectrique	Dieletric loss coefficient :	$L_E = \varepsilon_r \tan\delta$

Résistance électrique d'un conducteur métallique de section S, de longueur L, et de résistivité ρ_e $[\Omega m]$:
Electrical resistance of a metallic conductor, section S, length L, resistivity ρ_e $[\Omega m]$:

$$R = \rho_e \frac{L}{S}$$

Loi d'Ohm, avec le courant électrique $I = j_e S$	Ohm's law, with the current $I = j_e S$:	$U = RI$ [V]
Modèle de Drude pour la conductivité électrique d'un métal	Drude's model for the electrical conductivity of a metal :	$\vec{J_e} = -en_e\vec{v} = en_e\mu_e\vec{E} = \sigma_e\vec{E}$
avec la conductivité électrique	with the electrical conductivity :	$\sigma_e = en_e\mu_e = \frac{n_e e^2 \tau}{m_e}$

Densité d'électrons « libres » dans la bande de conduction pour un semi-conducteur, ayant un gap d'énergie E_g :
Density of « free » electrons in the conduction band of a semi-conductor, characterized by an energy gap E_g :

$$n_e = n_i \exp\left[-E_a/(k_B T)\right]$$
$$E_a \approx E_g/2$$

PROPRIETES MAGNETIQUES | **MAGNETIC PROPERTIES**

Moment magnétique dipolaire d'une charge q_e en rotation	Magnetic dipole of a rotating charge q_e :	$\vec{m} = 1/2 q_e \vec{r} \times \vec{v}$ [Am^2]
Moment magnétique orbital d'un électron (l, m_l)	Magnetic moment of an (l, m_l) electron :	$\lvert\vec{m}\rvert = -\mu_B\sqrt{l(l+1)}m_l$
Magneton de Bohr	Bohr's magneton :	$\mu_B = \frac{\lvert q_e\rvert\hbar}{2m_e} = 9.274 \times 10^{-24}$ Am^2
Moment magnétique associé à un spin m_s	Magnetic moment associated with a spin m_s :	$\lvert\vec{m}\rvert = 2\mu_B m_s$
Aimantation (vecteur) d'un matériau	Magnetization (vector) of a material :	$\vec{M} = \frac{1}{V}\sum_i \vec{m}_i$[Am^{-1}]
Aimantation d'un matériau dans un champ magnétique $\vec{H}$ $[A/m]$	Magnetization of a material in a magnetic field $\vec{H}$ $[A/m]$:	$\vec{M} = \chi_M \vec{H}$,
Susceptibilité magnétique du matériau	Magnetic susceptibility of a material :	χ_M

Relation entre champ d'induction magnétique $\vec{B}$ $[Vsm^{-2}]$, champ magnétique $\vec{H}$ $[Am^{-1}]$ et aimantation $\vec{M}$ $[Am^{-1}]$:
Relation between magnetic induction $\vec{B}$ $[Vsm^{-2}]$, magnetic field $\vec{H}$ $[Am^{-1}]$ and magnetization $\vec{M}$ $[Am^{-1}]$:

$$\vec{B} = \mu_0(\vec{H} + \vec{M}) = \mu_0\mu_r\vec{H}$$
$$\mu_r = (1 + \chi_M)$$

Champ magnétique dans un solénoïde avec N spires sur une longueur D dans lesquelles circule un courant I :
Magnetic field in a coil made of N turns over a length D within which a current I flows :

$$H = NI/D$$

PROPRIETES OPTIQUES **OPTICAL PROPERTIES**

Coefficient d'absorption d'un milieu « transparent » Absorption coefficient of a « transparent » material : $\beta(\lambda)$ [m^{-1}]

Loi de Lambert-Beer : flux de photons $\phi(x, \lambda)$ de longueur d'onde λ après une distance x de propagation dans un milieu :

Lambert-Beer's law : flux of photons $\phi(x, \lambda)$, of wavelength λ, after a propagation distance x in a material :

$$\phi(x, \lambda) = \phi_0(\lambda)\exp(-\alpha(\lambda)x)$$

Energie d'un photon de longueur d'onde λ Energy of a photon of wavelength λ : $E = h\nu$ avec/with $\nu = c/\lambda$

Loi de la réfraction : à l'interface entre 2 milieux d'indice de réfraction n_1 et n_2, le changement de direction de propagation de la lumière suit la loi : $n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$

Refraction law : at the interface of 2 media of refraction indices n_1 and n_2, the change of propagation direction of light follows the law : $n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$