

Cours Verre et Céramiques (SGM_1, EA_1)
DUT SGM
2012

IUT Chambéry - DUT SGM / L. Flandin

Version du 15 Septembre 2011

1 Microstructure

- Objectifs (microstructure) :
- Les liaisons fortes
 - covalente
 - ionique
 - métallique
 - mixte
- Les liaisons faibles
 - Van der Waals
- Au bilan...

2 Les potentiels d'interaction

- Définition
 - Lennard Jones
 - Relation avec les propriétés physiques
 - Les forces dérivant
- Résumé
- Architecture atomique.
 - Généralité
- Exemple de la silice
- Module d'Young
- Coefficients de dilatation

3 Propriété mécanique : première partie constatation

- Objectifs (mécanique) :
- Matériaux fragiles
- Module d'Young
- Résistance mécanique
- Expérience de Griffith (1921)
- Défauts de surface
- Une mesure intrinsèque
- Essais de ténacité
- méthode de mesure
- Quelques valeurs (ODG)
- Pourquoi MPa.m^{1/2}
- conclusion

4 Propriété mécanique : deuxièmement compréhension

- Modèle énergétique de Griffith
- Condition "énergétique"
- Critère mécanique
- Statistique de Weibull
- Loi de Weibull

5 Propriété mécaniques : Autres méthodes de mesure

- Introduction
- Essais "Charpy"
- Résistance à la perforation
- Energie à rupture

6 Propriété mécaniques : troisième partie "plasticité"

- Origine de la plasticité
- matériaux ioniques
- transition ductile-fragile
- extension du critère de Griffith
- Objectifs (verres) :

7 Les verres

- Introduction
- Formulation des verres
- microstructure
- Notion de transition vitreuse
- Formateurs et Modificateurs de réseaux
- Trempe thermique
- Trempe chimique
- Effet des impuretés

- Verres et sécurité.
- Verres trempé et durci
- Verres de sécurité ...
- Le choc thermique
- Objectifs (bétons) :

8

Bétons

- Définitions
- Introduction
- Préparation (1)
- Les granulats / la "granulo"
- Prise du ciment
- Mesure du temps de prise
- Le phénomène dépend ...
- Temps de prise vs température
- Aspect thermodynamique
 - ettringite
- Mise en oeuvre : béton armé
- Classes et sous classes de résistances
- Broyage
- compacité max
- Objectifs (process) :

Mise en oeuvre

- Temperatures
- Quelques méthodes de mise en oeuvre
- Les bétons (compacité max)
- Les verres creux
- Les verres plats
- Les céramiques
- Triax
- L'emballage

Première partie I

Microstructure

Au programme ...

- 1 Microstructure
 - Objectifs (microstructure) :
 - Les liaisons fortes
 - covalente
 - ionique
 - métallique
 - mixte
 - Les liaisons faibles
 - Van der Waals
 - Au bilan...

- Microstructures -

- 1 Connaître les différents types de liaisons (structure)
- 2 Exprimer les conséquences sur les propriétés physiques
- 3 Identifier architecture atomique (et fonctions de corrélation de paires associées)
- 4 Comprendre la ductilité des matériaux en relation avec leur structure

Définition : **Type de liaison**

Il existe trois types principaux de liaisons fortes. Elles se différencient par leurs actions sur les électrons de valence (couches externes).

- Liaisons covalentes
- Liaisons ioniques
- Liaisons métalliques

Définition : **Liaison covalente**

Partage d'électrons de valence entre 2 atomes

- Liaison directionnelle
- La couche extérieure des éléments doit être au moins à moitié pleine
- ex. : le diamant.

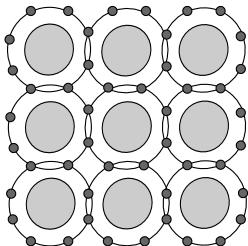


FIGURE: Liaison covalente

Définition : Liaisons ioniques

Perte et gain d'électrons de valence entre 2 atomes

- Attraction entre les ions de signe opposé ($600 - 1500 \text{ kJ.mole}^{-1}$)
- Liaison non-directionnelle
- Liaison entre les éléments qui ont beaucoup et peu d'électrons de valence
- ex. : $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$
- le sodium cède son électron au chlore
- Halogénures alcalins (NaCl, KCl),
- Alcalino-terreux (MgCl_2 , CaCl_2 , BaCl_2)
- Majorité des oxydes (MgO , CaO , Al_2O_3)

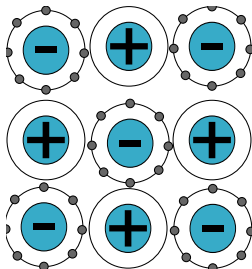
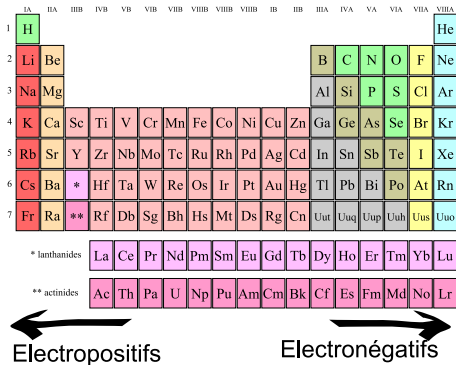


FIGURE: Liaison ionique

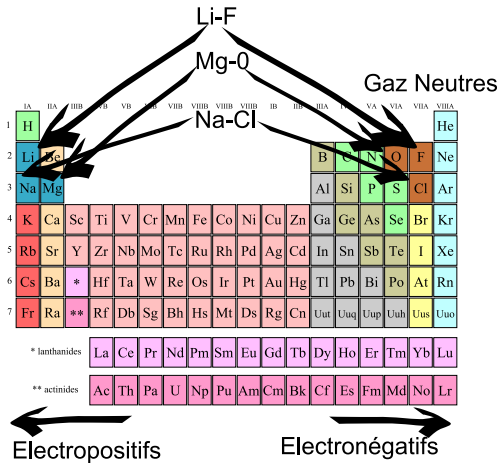
Gaz Neutres



1. Microstructure

1.2 Les liaisons fortes

1.2.2 ionique



Définition : Liaison métallique

Abandon et délocalisation des électrons de valence entre les atomes.

- formation d'une structure d'ions + noyés dans un nuage d'électrons
- concerne des éléments possédant peu d'électron de valence
- les électrons mobiles expliquent les conductivités thermique et électrique élevées des métaux
- ex. : *Fe, Cu, Al*, etc.

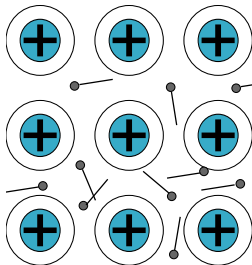
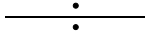
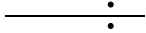
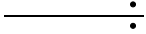


FIGURE: Liaison métallique

Définition : Liaisons mixtes

Il est relativement rare de rencontrer des liaisons purement covalente ou purement ionique. Selon l'électronégativité des atomes, le caractère ionique ou covalent est plus ou moins marqué. On les appelle aussi « covalente polaire », « iono-covalente »

		Position moyenne du doublet		Modèle
Liaison covalente pure	H		H	H - H
liaison mixte	H		Cl	+ δ H-Cl $^{-\delta}$
liaison ionique	Na		Cl	Na $^{+}$ Cl $^{-}$

Définition : Liaisons faibles

Les liaisons faibles ne mettent pas en jeu les électrons des atomes, mais reposent sur des interactions dipolaires. Leur énergie est relativement faible de quelques dizaines de $J.mol^{-1}$ à quelques dizaines de $kJ.mol^{-1}$.

- Liaisons de Van der Waals
- Liaisons Hydrogène

Définition : Liaison de Van der Waals

- *Effet d'orientation de Keesom* : C'est une orientation de type "dipôle permanent - dipôle permanent". Elle s'effectue donc entre molécules polaires, c'est-à-dire possédant un moment dipolaire non nul.
- *Effet d'induction de Debye* : C'est une orientation de type "dipôle permanent - dipôle induit". Elle s'effectue donc entre une molécule polaire et une molécule apolaire qui se polarise sous l'effet du champ électrique créé par la molécule polaire (d'où le terme "induit").
- *Effet de dispersion de London* : C'est une orientation de type "dipôle instantané - dipôle induit" ou "dipôle instantané - dipôle instantané". Elle s'effectue donc entre deux molécules apolaires.

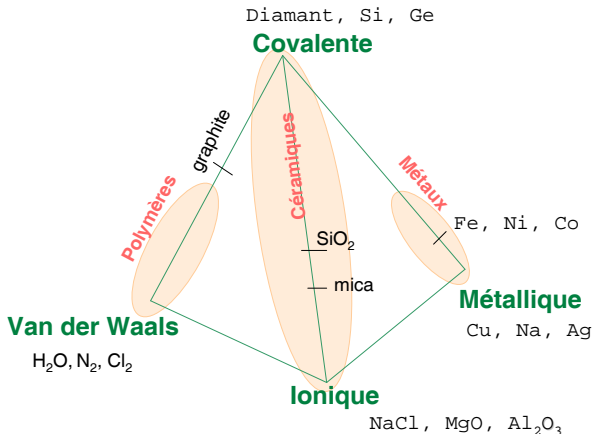


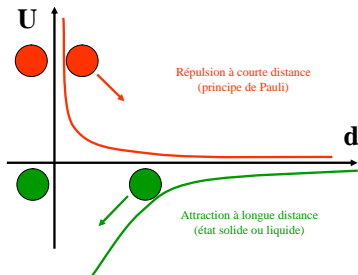
FIGURE: Bilan des interactions

Au programme ...

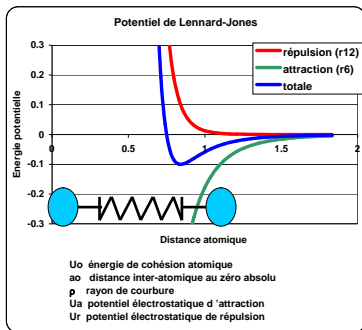
- 2 Les potentiels d'interaction
 - Définition
 - Lennard Jones
 - Relation avec les propriétés physiques
 - Les forces dérivant
 - Résumé
 - Architecture atomique.
 - Généralité
 - Exemple de la silice
 - Module d'Young
 - Coefficients de dilatation

Définition : Potentiel

Les interactions entre atomes sont régies par des « potentiels » (il s'agit en fait d'énergie potentielle) d'interaction.



Le principe est de superposer une composante attractive (qui justifie la liaison) et une répulsive (qui décrit les atomes comme des « sphères rigides »). La forme la plus classique est le potentiel de Lennard-Jones.



$$E_p(r) = 4 E_0 \left[\left(\frac{r_0}{r} \right)^{12} - \left(\frac{r_0}{r} \right)^6 \right]$$

Le terme **puissance 6 (attractif)** domine à grande distance (ici interactions de Van der Waals); on peut le démontrer rigoureusement dans le cadre de la physique classique.

L'exposant **12 du terme répulsif** domine à courte distance, est empirique pour décrire au mieux l'impossibilité d'interpénétration mutuelle des nuages électroniques de deux atomes.

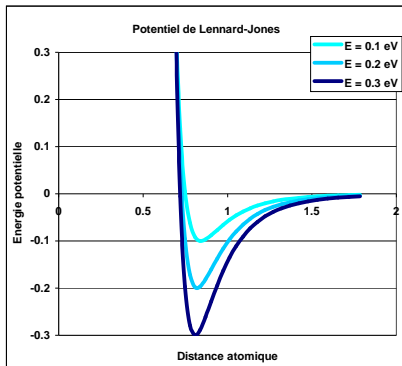


FIGURE: Potentiel de Lennard-Jones

pic pointu, profondeur U_0 élevée, pente raide :

- liaisons covalentes, ioniques, métalliques

pic évasé, profondeur U_0 faible, courbe évasée :

- force de Van der Waals

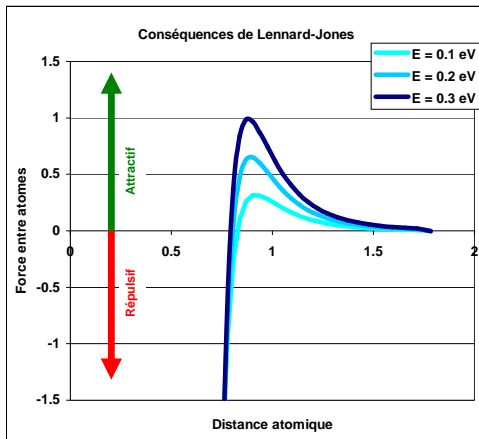


FIGURE: Force d'interaction

Type de liaison	Propriétés			
	T_f	E	α	σ_r
Covalente	e	e	f	f
Ionique	e	e	f	f
Métallique	m-e	m-e	m-f	m-e
Van der Waals	f	f	e	f

-> f = faible

-> m = moyen

-> e = élevé

☕ - Devoir Maison - ☕ # 1

Combien trouve-t-on d'atomes dans un centimètre cube de solide ?

Rmq : **Aide ...**

La distance classique entre deux atomes est de l'ordre de 1\AA ...

Rmq : **Réponse**

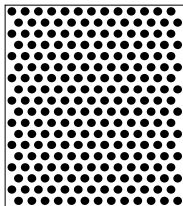
Vous devriez trouver un nombre proche d'une des plus grandes constantes connue en physique.

Comment disposer 10^{24} atomes dans 1cm^3 de solide ?

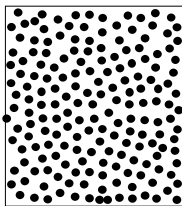
Deux cas extrêmes sont possibles :

En ordre, solides cristallins : - métaux - céramiques - polymères

En désordre solides amorphes : - polymères - céramiques - verres - carbone
- *métaux*



SOLIDE
CRISTALLIN



Solide
amorphe
(ou liquide)

FIGURE: Cristallin vs amorphe

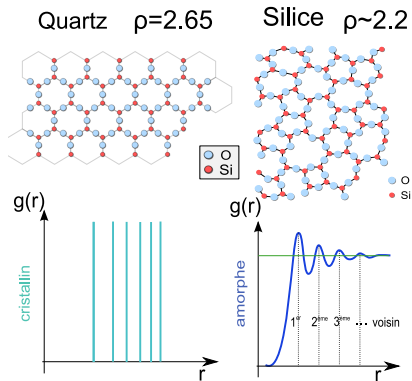


FIGURE: Quartz versus Silice

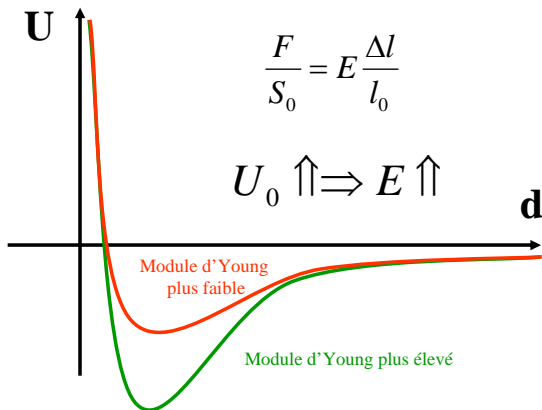


FIGURE: Potentiel d'interaction / module d'Young

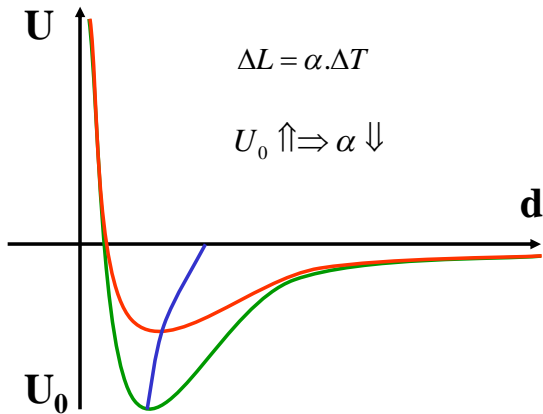


FIGURE: Potentiel d'interaction / Coefficient de dilatation

Deuxième partie II

Propriétés mécaniques

Au programme ...

- 3 Propriété mécaniques : première partie constatation
 - Objectifs (mécanique) :
 - Matériaux fragiles
 - Module d'Young
 - Resistance mecanique
 - Expérience de Griffith (1921)
 - Défauts de surface
 - Une mesure intrinsèque
 - Essais de ténacité
 - méthode de mesure
 - Quelques valeurs (ODG)
 - Pourquoi MPa.m $1/2$
 - conclusion

- Mécanique -

- ① Savoir définir la résistance mécanique
- ② Connaître les expériences de Griffith
- ③ Identifier une mesure intrinsèque
- ④ Comprendre la notion de ténacité :
 - Définition
 - méthode de mesure (trois modes)
 - quelques valeurs typiques
 - Pourquoi MPa.m 1/2
- ⑤ transition ductile / fragile
- ⑥ Modèle de Griffith (énergétique et mécanique)
- ⑦ Extension aux matériaux ductiles
- ⑧ Autres caractérisations de la "ténacité" (résilience, énergie à rupture, etc.)
- ⑨ La concentration de contraintes (Kt)

Définition : **Fragile ?**

Un matériau est dit fragile lorsqu'il rompt brutalement. Sa courbe contrainte déformation demeure linéaire (élastique) jusqu'à rupture où toute l'énergie élastique emmagasinée est libérée.

Définition : **Ductile ?**

Un matériau est dit ductile lorsqu'il absorbe de l'énergie sous forme de déformation plastique avant rupture.

Le reste du cours n'est pas en ligne,
Si vous êtes enseignant je vous le ferai parvenir pas mail sur simple demande
Pour les étudiants, je préfère que vous veniez assister :-)