

CONNAISSANCE DES MATERIAUX (I)

- GENERALITES
- LES DEFAUTS RETICULAIRES
- CONSTITUTION DES ALLIAGES
- SOLIDIFICATION DES ALLIAGES
- DIAGRAMMES D'EQUILIBRE
- TRANSFORMATIONS A L'ETAT SOLIDE
- PROPRIETES PHYSIQUES ET MECANIQUES DES MATERIAUX
- TRAITEMENTS THERMO-CHIMIQUES (recuit, trempe, revenu, cémentation, nitruration)

Dpt E&A / Bourarach

1

CONNAISSANCE DES MATERIAUX (I)

- DESIGNATION DES ACIERS (ACIERS NON ALLIÉS À USAGE COURANT, ACIERS DE CONSTRUCTION POUR TRAITEMENTS THERMIQUES, ACIERS NON FERREUX, LES FONTES)
- QUELQUES ANOMALIES ET DEFAUTS DES ACIERS ET DES FONTES ET LEURS REMEDES
- LES MATIÈRES PLASTIQUES
- APERÇU SUR LE BOIS

Dpt E&A / Bourarach

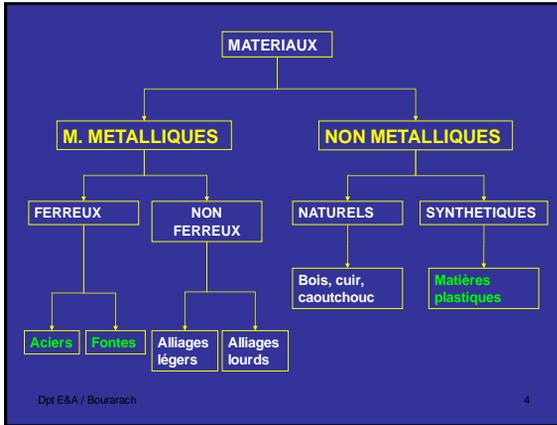
2

Déroulement du cours

- 24h
- Cours en salle
- Démo laboratoire & devoir
- Visite
- Contrôle

Dpt E&A / Bourarach

3



Agencement des atomes

- Les atomes constituant les métaux purs ne sont pas disposés au hasard
- Leurs arrangements se font selon des règles bien définies
- La plus part des métaux cristallisent dans des systèmes à symétrie multiple

➡ Systèmes cristallins

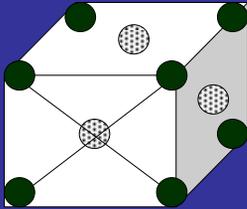
Dpt E&A / Bourarach 5

Quelques généralités

- La maille est le groupement élémentaire d'atomes capable de représenter un métal
- Mais les mailles ne doivent pas être considérées isolément
- L'empilement s'étend dans les trois directions principales
- Ainsi à titre d'exemple: chaque atome est situé en un sommet fait partie de huit cubes, alors que chacun des deux autres fait partie de deux cubes adjacents

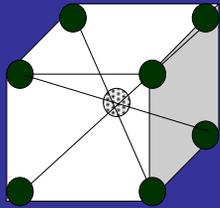
Dpt E&A / Bourarach 6

Système cubique à faces centrées



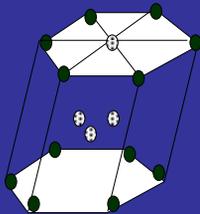
Exemples: Fer, Cuivre, Aluminium, Nickel, Plomb, Argent, Or, Platine, ...
Dpt E&A / Bourarach 7

Système cubique centré



Exemples: Fer, chrome, vanadium, Molybdène, Tungstène, Niobium, Titane, ...
Dpt E&A / Bourarach 8

Système hexagonal



Exemples: Zinc, Magnésium, Zirconium, Béryllium, Cobalt, ...
Dpt E&A / Bourarach 9

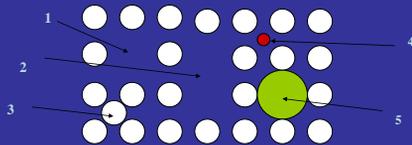
Défauts réticulaires

- La notion de cristal parfait, milieu triplement périodique et indéfini, est une notion idéale
- Elle ne correspond pas à la réalité
- A l'échelle atomique, il existe un grand nombre de défauts tels que les lacunes, les impuretés et les dislocations
- La présence de ces défauts modifie énormément les propriétés d'un métal en particulier ses caractéristiques mécaniques
- Les lacunes et les auto-interstitiels sont causés par l'agitation thermique, l'écrouissage ou par l'irradiation
- Il existe plusieurs types de défauts: ponctuels, linéaires et bidimensionnels

Dpt E&A / Bourarach

10

Défauts ponctuels

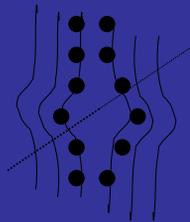


Lacune (1), bi-lacune (2), auto-interstitiel (3), atome étranger en insertion (4) et atomes étrangers en substitution (5)

Dpt E&A / Bourarach

11

Défauts linéaires

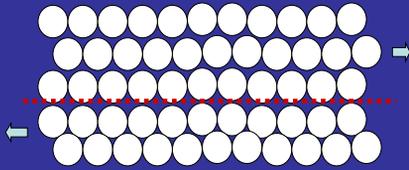


Les défauts linéaires ou dislocations sont très importants. Ils sont à l'origine des propriétés plastiques des matériaux

Dpt E&A / Bourarach

12

Défauts bidimensionnels



Ce sont les défauts dont une seule dimension est à l'échelle atomique, la région imparfaite étant une surface s'étendant à l'intérieur du cristal. Une faute d'empilement constitue un défaut bidimensionnel

Dpt E&A / Bourarach

13

CONSTITUTION DES ALLIAGES

- Les métaux à l'état liquide ont un grand pouvoir dissolvant des autres métaux à l'état solide
- Par exemple : le mercure à l'état liquide peut dissoudre de l'or, l'aluminium liquide à 700°C peut dissoudre le Cuivre dont le point de fusion est de 1083°C
- Ce pouvoir dissolvant croît avec la température

Dpt E&A / Bourarach

14

CONSTITUTION DES ALLIAGES (suite)

- La dissolution peut s'accompagner d'un dégagement de chaleur (réaction exothermique) dans ce cas il y a combinaison chimique des deux métaux

Dpt E&A / Bourarach

15

Notion de miscibilité

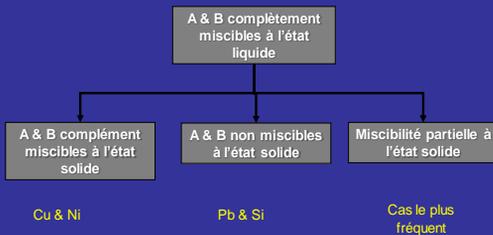
Lors du mélange de deux métaux A et B à l'état liquide, **3 cas** peuvent se présenter :

1. miscibilité complète : quelque soit la proportion de A et B on obtient un seul liquide homogène
Exp : Pb-Sn, Fe-Ni, Cu-Au, Cu-Zn
2. Miscibilité nulle : les deux métaux se séparent par densités différentes et on obtient deux liquides superposés; **Exp : Al-Pb**
3. Miscibilité partielle : pour certaines proportions de A et de B. **Exp : Cu - Pb entre 37 et 87 % de Pb**
Cu - Cr entre 38 et 92 de Cr

Dpt E&A / Bourarach

16

Quelques cas possibles



Dpt E&A / Bourarach

17

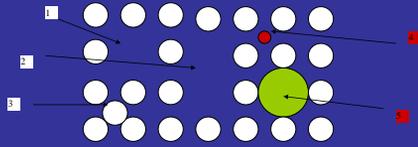
Passage entre miscibilités

- Lorsque deux métaux sont totalement miscibles à l'état solide, on dit qu'ils forment une **solution solide**
- Cette solution solide peut être formée par **substitution** des atomes d'un métal par ceux de l'autre ou par **insertion** des atomes de l'un entre ceux de l'autre

Dpt E&A / Bourarach

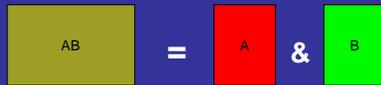
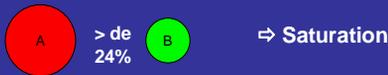
18

Substitution/insertion



Lacune (1), bi-lacune (2), auto-interstitiel (3), atome étranger en insertion (4) et atome étranger en substitution (5)

Seuil de miscibilité



Solution solide

2 éléments individualisés

Formation d'eutectique

• Il s'établit un équilibre entre les deux phases : la précipitation simultanée de deux phases s'appelle **eutectique**

⇒ Ainsi, on voit que l'identification des constituants d'un alliage est une opération délicate

Solidification des alliages

- Le processus de solidification est très important car il détermine les propriétés de l'alliage
- Loi de Vant'Hoff - Le chatelier : (action et la réaction)

« Toute variation d'un facteur d'équilibre produit sur un système physico-chimique en équilibre, une transformation réversible qui tend à s'opposer à celle qui lui a donné naissance »

- F. d'éq. en métallurgie = **température**
(+ pression)

Dpt E&A / Bourarach

22

Quelques notions

- Passage de l'état liquide à l'état solide = Cristallisation primaire
- Le corps se solidifiant passe à un état thermodynamiquement plus stable (Energie interne plus faible)
- La solidification commence au niveau des germes

Dpt E&A / Bourarach

23

Processus de solidification

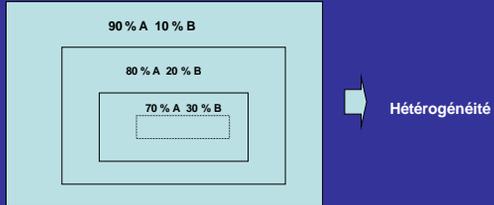
- Un germe est un arrangement d'atomes proche de celui du métal solide
- Le développement des germes ne se poursuit que si celui-ci produit une diminution de l'énergie libre
- On dit alors que les germes ont une taille critique

Dpt E&A / Bourarach

24

Processus de solidification

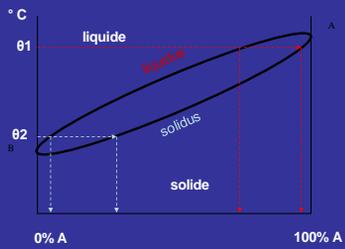
Alliage liquide de départ contenant 50 % de A et 50 % de B
Avec $\theta_{SA} > \theta_{SB}$



Dpt E&A / Bourarach

25

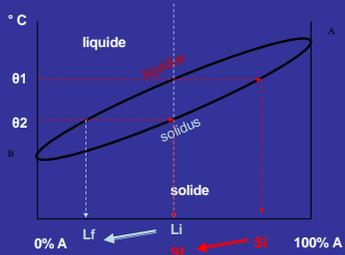
Diagramme d'équilibre binaire



Dpt E&A / Bourarach

26

Diagramme d'équilibre binaire



Dpt E&A / Bourarach

27

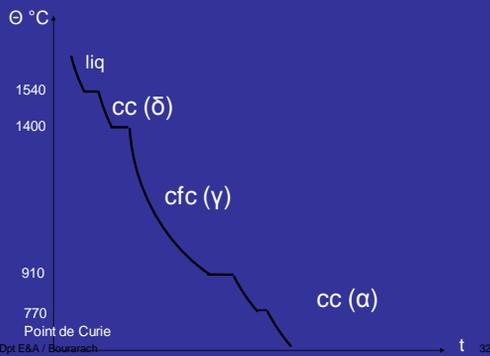
TRANSFORMATIONS A L'ETAT SOLIDE

- Certains métaux et constituants physico-chimiques peuvent exister sous différentes formes, chaque forme étant stable dans un domaine de température donnée
- Les solubilités réciproques de deux métaux partiellement miscibles varient avec la température
- Les limites de celles-ci donnent naissance aux phénomènes de **précipitation** et de **durcissement structural**

Dpt E&A / Bourarach

31

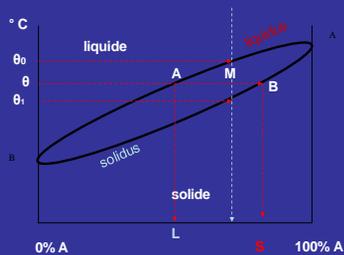
Différentes formes du fer



Dpt E&A / Bourarach

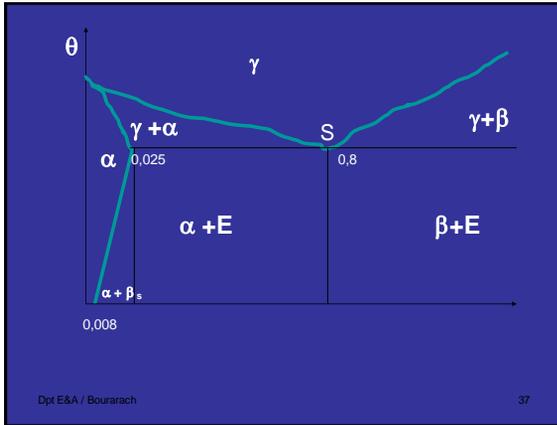
32

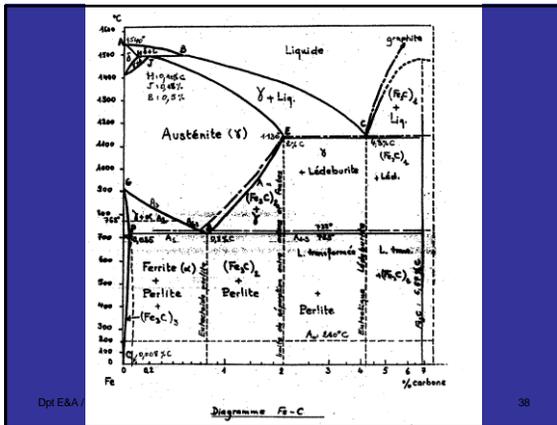
Diagramme d'équilibre binaire



Dpt E&A / Bourarach

33

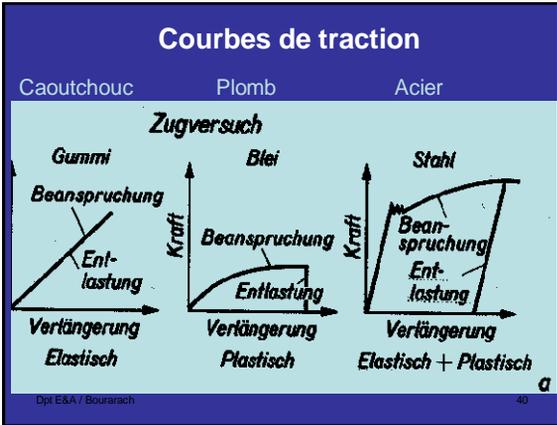


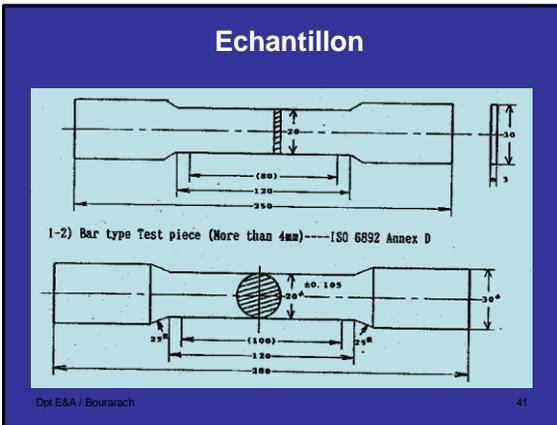


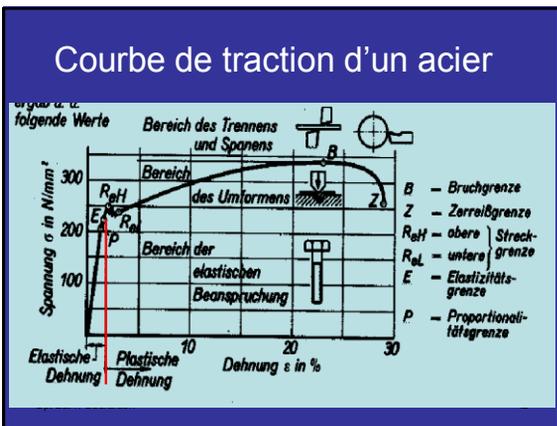
PROPRIETES PHYSIQUES ET MECANIQUES DES MATERIAUX

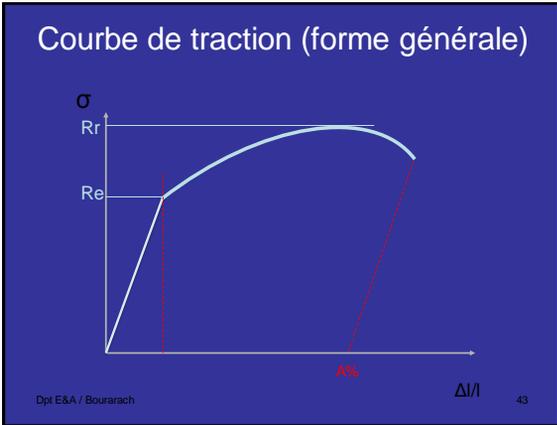
- **Ténacité** : résistance à la déformation sous l'action d'efforts continus. Elle est caractérisée par la résistance à la rupture (Rr)
- **Elasticité** : aptitude d'un métal à subir des déformations temporaires et reprendre sa forme et ses dimensions initiales
- Elle est caractérisée par la limite élastique (Re) ainsi que par les modules d'élasticité longitudinale (E) et transversale (G)

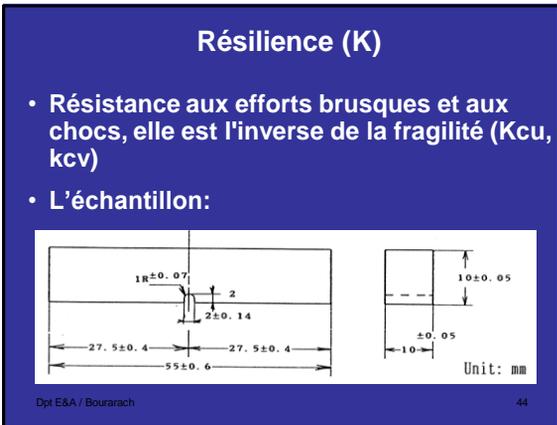
Dpt E&A / Bourarach 39

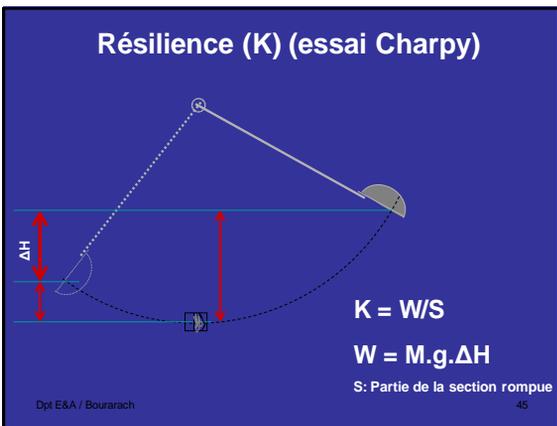










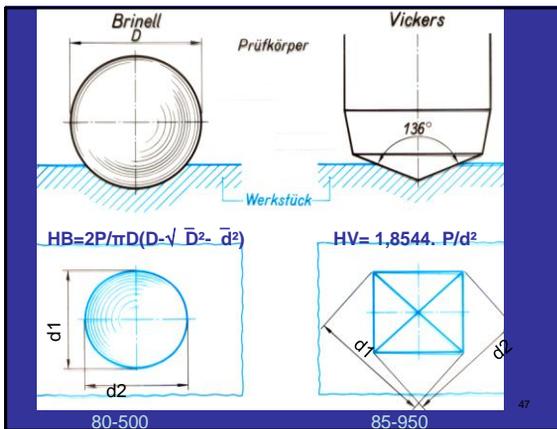


Dureté (H)

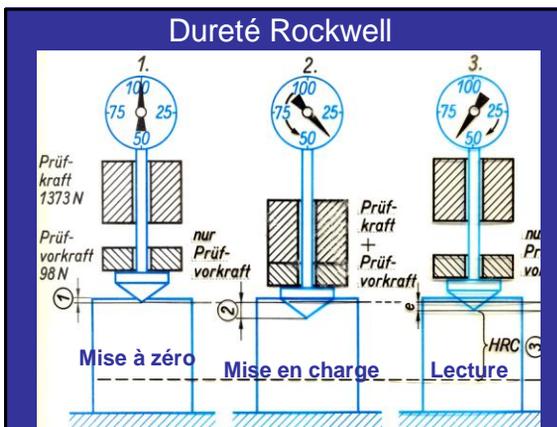
- Résistance à la pénétration par un autre corps (de référence) et résistance à l'usure
- Les méthodes de mesure de la dureté les plus utilisées sont:
 - Dureté Brinell (HB)
 - Dureté Vickers (HV)
 - Dureté Rockwell (HR, HRC: avec cône, HRB: avec bille)

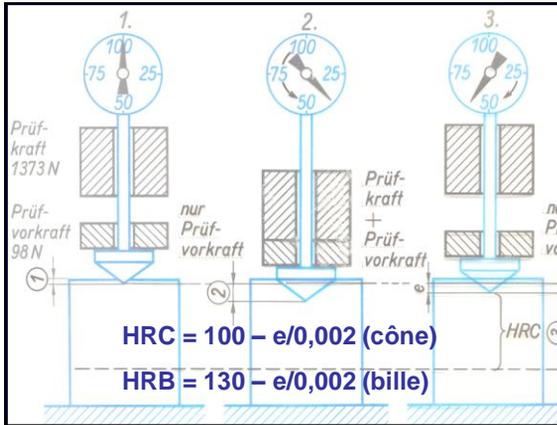
Dpt E&A / Bourarach

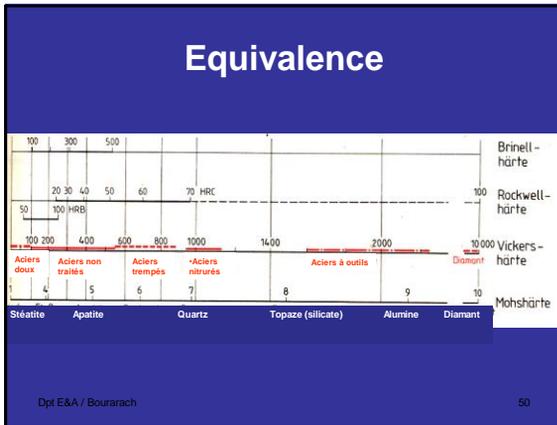
46



Dureté Rockwell







- Fusibilité : caractérisée par la température de fusion, celle-ci est élevée pour les aciers (1300 à 1500) et les fontes (1150 à 1300) relativement basses pour certains métaux comme l'aluminium (650°) le plomb 326°C
 - Fluidité : certains métaux à l'état liquide sont plus au moins fluide. La fluidité est utilisée à profit en fonderie (fonte) c.à.d. qu'il épouse plus facilement les formes du contenant
 - Ductilité : propriété de se laisser réduire en fil
 - Malléabilité : propriété de subir des déformations plastiques (à feuille) malléabilité à chaud et à froid
 - Résistance à l'oxydation
 - Soudabilité
 - L'endurance : propriété de résister à la fatigue.
- Dpt E&A / Bourarach 51

Endurance (courbe de Wöhler)

