

Introduction

L'évolution spectaculaire de la diversité et des performances des matériaux est due à une compréhension et à une maîtrise de plus en plus fines de leur structure, ainsi les objets qui nous entourent, que nous manipulons quotidiennement, sont tous constitués d'une matière choisie pour sa bonne adaptation à la fonction de l'objet en question et au procédé utilisé pour conférer à l'objet la forme souhaitée. La diversification des matériaux est également liée à une spécialisation de plus en plus grande, qui repousse toujours plus loin les limites de mise en œuvre et d'utilisation finale de ces matériaux. Ces structures ne sont cependant presque jamais parfaites, et les défauts qui s'y trouvent régissent une grande partie des propriétés des matériaux. La notion de matériau est donc rigoureusement indissociable de l'intérêt que peut présenter la substance en question pour l'obtention d'un objet fini.

Les photos ci-dessous montrent que les matériaux définissent le niveau de développement de notre civilisation :



Fig I.1 : outils de l'âge de pierre

ce qui nous pousse à dire qu'un matériau est la forme marchande d'une matière première choisie en raison de propriétés d'usage spécifiques et mise en œuvre par des techniques appropriées pour l'obtention d'un objet de géométrie donnée à fonction préméditée.

Les propriétés d'usage des matériaux ont essentiellement deux origines :

- leur composition chimique (nature des espèces atomiques qui les constituent);
- leur microstructure (organisation des atomes constitutifs).

I.1. Science des matériaux

La connaissance approfondie des notions des propriétés des matériaux et le développement accélérer des sciences d'ingénieries l'on sollicité dans des domaines complexes d'industrie. On parle en général du comportement des matériaux pendant la fabrication ou la mise en forme (la coulabilité, la déformabilité...).

La science des matériaux est fondée sur la compréhension et les connaissances de base de chimie et la physique, et à celles de l'ingénieur (mécanicien, électricien, du génie civil) du côté des applications et des procédés de fabrication.

La science et le génie des matériaux comportent quatre pôles principaux: synthèse, fabrication et transformation; composition et structure; propriétés et performances. Ces quatre pôles sont liés comme un tout dans la (**Figure 1**). Les différents comportements (à la fabrication comme à l'utilisation) ainsi que les facteurs économiques qui y sont associés caractérisent la performance d'un matériau.

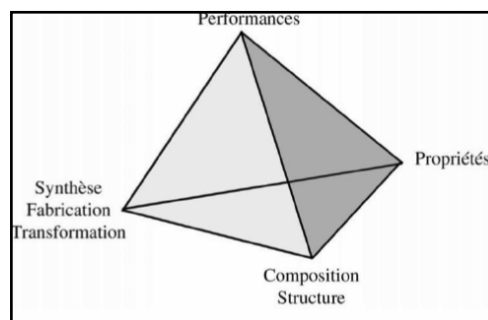


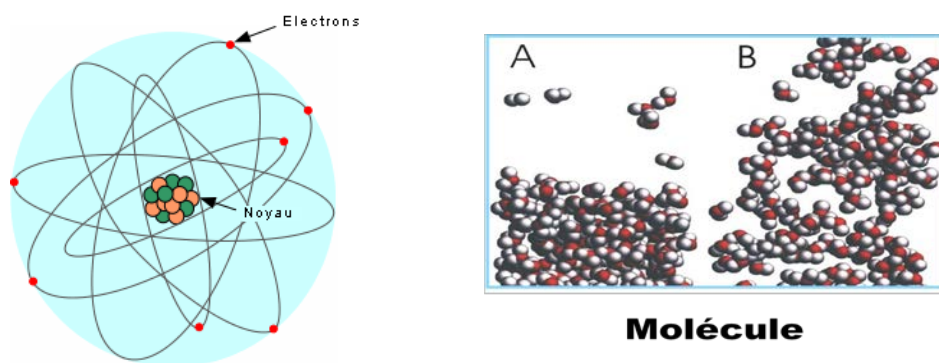
Fig I.2 : Les quatre poles de base de la science et du genie des materiaux

Les matériaux de nos civilisations ont d'abord été ceux de notre environnement, utilisés après des transformations plus ou moins élaborées, cette transformation a un but c'est de mettre en forme le matériau élaboré et d'en préparer un objet fini caractérisé par son comportement. Le bois pour construire des maisons et élaborer des outils ou des meubles, les plantes textiles ou la laine des animaux pour fabriquer des vêtements, la pierre et les « minerais » pour fabriquer des abris, des outils ou des armes plus solides. Il est essentiel de maîtriser la structure et la composition du matériau et il faut par conséquent posséder une série de techniques d'analyse très sophistiquées.

I.2. Les classes des matériaux

La **matière** dont est formé le monde qui nous entoure est composée de particules discrètes nommées "atomes" qui elles aussi sont formées par des particules élémentaires submicroscopiques (nucléons et électrons). Parmi celles-ci, ce sont surtout les *électrons périphériques* qui jouent un rôle important pour l'étude des propriétés des matériaux.

Les interactions entre les électrons périphériques sont à l'origine des forces de *liaisons interatomiques et intermoléculaires* qui conduisent à la formation d'un état condensé rigide appelé solide.



Le tableau périodique des éléments, également appelé tableau de Mendeleev, représente tous les éléments chimiques, ordonnés par numéro atomique croissant et organisés en fonction de leur configuration électronique, laquelle sous-tend leurs propriétés chimiques. Son invention est généralement attribuée au chimiste russe Dmitri Mendeleev, qui construisit en 1869 tous les éléments chimiques connus de l'époque, et indique à la fois leur masse atomique ainsi que quelques autres propriétés. Le scientifique décida de classer les éléments par masse atomique croissante, tout en les rassemblant par groupes d'éléments ayant les propriétés communes, et même de pouvoir prédire les propriétés de ces éléments alors inconnus. Le tableau périodique a connu de nombreux réajustements depuis lors jusqu'à prendre la forme que nous connaissons aujourd'hui, et est devenu un référentiel universel auquel peuvent être rapportés tous les types de comportements physique et chimique des éléments. En février 2010, sa forme standard comportait 118 éléments, allant de ^1H à ^{118}Uuo .

Tableau périodique des éléments

Numéro atomique: 6 **C** **Symbolle de l'élément**
 Principaux nombres d'oxydation: (Le plus fréquent est en gras)
 Nom: Carbone
 Masse atomique: 12,011
 Electronégativité: 2,55
 (2s) deux électrons célibataires
 (2p) trois paires d'électrons

18
VIII A

1
IA

2
II A

13
III A

14
IV A

15
V A

16
VI A

17
VII A

3
III B

4
IV B

5
V B

6
VI B

7
VII B

8
VIII B

9
VIII B

10
VIII B

11
I B

12
II B

13
III A

14
IV A

15
V A

16
VI A

17
VII A

18
VIII A

1
H

2
He

3
Li

4
Be

5
B

6
C

7
N

8
O

9
F

10
Ne

11
Na

12
Mg

13
Al

14
Si

15
P

16
S

17
Cl

18
Ar

19
K

20
Ca

21
Sc

22
Ti

23
V

24
Cr

25
Mn

26
Fe

27
Co

28
Ni

29
Cu

30
Zn

31
Ga

32
Ge

33
As

34
Se

35
Br

36
Kr

37
Rb

38
Sr

39
Y

40
Zr

41
Nb

42
Mo

43
Tc

44
Ru

45
Rh

46
Pd

47
Ag

48
Cd

49
In

50
Sn

51
Sb

52
Te

53
I

54
Xe

55
Cs

56
Ba

57
La

58
Ce

59
Pr

60
Nd

61
Pm

62
Sm

63
Eu

64
Gd

65
Tb

66
Dy

67
Ho

68
Er

69
Tm

70
Yb

71
Lu

72
Hf

73
Ta

74
W

75
Re

76
Os

77
Ir

78
Pt

79
Au

80
Hg

81
Tl

82
Pb

83
Bi

84
Po

85
At

86
Rn

87
Fr

88
Ra

89
Ac

90
Th

91
Pa

92
U

93
Np

94
Pu

95
Am

96
Cm

97
Bk

98
Cf

99
Es

100
Fm

101
Md

102
No

103
Lr

104
Rf

105
Db

106
Sg

107
Bh

108
Hs

109
Mt

110
Ds

111
Rg

112
Cn

113
Nh

114
Fl

115
Mc

116
Lv

117
Ts

118
Og

119
Uue

120
Uub

121
Uut

122
Uuq

123
Uup

124
Uuh

125
Uus

126
Uuq

127
Uup

128
Uuh

129
Uus

130
Uuq

131
Uup

132
Uuh

133
Uus

134
Uuq

135
Uup

136
Uuh

137
Uus

138
Uuq

139
Uup

140
Uuh

141
Uus

142
Uuq

143
Uup

144
Uuh

145
Uus

146
Uuq

147
Uup

148
Uuh

149
Uus

150
Uuq

151
Uup

152
Uuh

153
Uus

154
Uuq

155
Uup

156
Uuh

157
Uus

158
Uuq

159
Uup

160
Uuh

161
Uus

162
Uuq

163
Uup

164
Uuh

165
Uus

166
Uuq

167
Uup

168
Uuh

169
Uus

170
Uuq

171
Uup

172
Uuh

173
Uus

174
Uuq

175
Uup

176
Uuh

177
Uus

178
Uuq

179
Uup

180
Uuh

181
Uus

182
Uuq

183
Uup

184
Uuh

185
Uus

186
Uuq

187
Uup

188
Uuh

189
Uus

190
Uuq

191
Uup

192
Uuh

193
Uus

194
Uuq

195
Uup

196
Uuh

197
Uus

198
Uuq

199
Uup

200
Uuh

201
Uus

202
Uuq

203
Uup

204
Uuh

205
Uus

206
Uuq

207
Uup

208
Uuh

209
Uus

210
Uuq

211
Uup

212
Uuh

213
Uus

214
Uuq

215
Uup

216
Uuh

217
Uus

218
Uuq

219
Uup

220
Uuh

221
Uus

222
Uuq

223
Uup

224
Uuh

225
Uus

226
Uuq

227
Uup

228
Uuh

229
Uus

230
Uuq

231
Uup

232
Uuh

233
Uus

234
Uuq

235
Uup

236
Uuh

237
Uus

238
Uuq

239
Uup

240
Uuh

241
Uus

242
Uuq

243
Uup

244
Uuh

245
Uus

246
Uuq

247
Uup

248
Uuh

249
Uus

250
Uuq

251
Uup

252
Uuh

253
Uus

254
Uuq

255
Uup

256
Uuh

257
Uus

258
Uuq

259
Uup

260
Uuh

261
Uus

262
Uuq

263
Uup

264
Uuh

265
Uus

266
Uuq

267
Uup

268
Uuh

269
Uus

270
Uuq

271
Uup

272
Uuh

273
Uus

274
Uuq

275
Uup

276
Uuh

277
Uus

278
Uuq

279
Uup

280
Uuh

281
Uus

282
Uuq

283
Uup

284
Uuh

285
Uus

286
Uuq

287
Uup

288
Uuh

289
Uus

290
Uuq

291
Uup

292
Uuh

293
Uus

294
Uuq

295
Uup

296
Uuh

297
Uus

298
Uuq

299
Uup

300
Uuh

301
Uus

302
Uuq

303
Uup

304
Uuh

305
Uus

306
Uuq

307
Uup

308
Uuh

309
Uus

310
Uuq

311
Uup

312
Uuh

313
Uus

314
Uuq

315
Uup

316
Uuh

317
Uus

318
Uuq

319
Uup

320
Uuh

321
Uus

322
Uuq

323
Uup

324
Uuh

325
Uus

326
Uuq

327
Uup

328
Uuh

329
Uus

330
Uuq

331
Uup

332
Uuh

333
Uus

334
Uuq

335
Uup

336
Uuh

337
Uus

338
Uuq

339
Uup

340
Uuh

341
Uus

342
Uuq

343
Uup

344
Uuh

345
Uus

346
Uuq

347
Uup

348
Uuh

349
Uus

350
Uuq

351
Uup

352
Uuh

353
Uus

354
Uuq

355
Uup

356
Uuh

357
Uus

358
Uuq

359
Uup

360
Uuh

361
Uus

362
Uuq

363
Uup

364
Uuh

365
Uus

366
Uuq

367
Uup

368
Uuh

369
Uus

370
Uuq

371
Uup

372
Uuh

373
Uus

374
Uuq

375
Uup

376
Uuh

377
Uus

378
Uuq

379
Uup

380
Uuh

381
Uus

382
Uuq

383
Uup

384
Uuh

385
Uus

386
Uuq

387
Uup

388
Uuh

389
Uus

390
Uuq

391
Uup

392
Uuh

393
Uus

394
Uuq

395
Uup

396
Uuh

397
Uus

398
Uuq

399
Uup

400
Uuh

401
Uus

402
Uuq

403
Uup

404
Uuh

405
Uus

406
Uuq

407
Uup

408
Uuh

409
Uus

410
Uuq

411
Uup

412
Uuh

413
Uus

414
Uuq

415
Uup

416
Uuh

417
Uus

418
Uuq

419
Uup

420
Uuh

421
Uus

422
Uuq

423
Uup

424
Uuh

425
Uus

426
Uuq

427
Uup

428
Uuh

429
Uus

430
Uuq

431
Uup

432
Uuh

433
Uus

434
Uuq

435
Uup

436
Uuh

437
Uus

438
Uuq

439
Uup

440
Uuh

441
Uus

442
Uuq

443
Uup

444
Uuh

445
Uus

446
Uuq

447
Uup

448
Uuh

449
Uus

450
Uuq

451
Uup

452
Uuh

453
Uus

454
Uuq

455
Uup

456
Uuh

457
Uus

458
Uuq

459
Uup

460
Uuh

461
Uus

462
Uuq

463
Uup

464
Uuh

465
Uus

466
Uuq

467
Uup

468
Uuh

469
Uus

470
Uuq

471
Uup

472
Uuh

473
Uus

474
Uuq

475
Uup

476
Uuh

477
Uus

478
Uuq

479
Uup

480
Uuh

481
Uus

482
Uuq

483
Uup

484
Uuh

485
Uus

486
Uuq

487
Uup

488
Uuh

489
Uus

490
Uuq

491
Uup

492
Uuh

493
Uus

494
Uuq

495
Uup

496
Uuh

497
Uus

498
Uuq

499
Uup

500
Uuh

501
Uus

502
Uuq

503
Uup

504
Uuh

505
Uus

506
Uuq

507
Uup

508
Uuh

509
Uus

510
Uuq

511
Uup

512
Uuh

513
Uus

514
Uuq

515
Uup

516
Uuh

517
Uus

518
Uuq

519
Uup

520
Uuh

521
Uus

522
Uuq

523
Uup

524
Uuh

525
Uus

526
Uuq

527
Uup

528
Uuh

529
Uus

530
Uuq

531
Uup

532
Uuh

533
Uus

534
Uuq

535
Uup

536
Uuh

537
Uus

538
Uuq

539
Uup

540
Uuh

541
Uus

542
Uuq

543
Uup

544
Uuh

545
Uus

546
Uuq

547
Uup

548
Uuh

549
Uus

550
Uuq

551
Uup

552
Uuh

553
Uus

554
Uuq

555
Uup

556
Uuh

557
Uus

558
Uuq

559
Uup

560
Uuh

561
Uus

562
Uuq

563
Uup

564
Uuh

565
Uus

566
Uuq

567
Uup

568
Uuh

569
Uus

570
Uuq

571
Uup

572
Uuh

573
Uus

574
Uuq

575
Uup

576
Uuh

577
Uus

578
Uuq

579
Uup

580
Uuh

581
Uus

582
Uuq

583
Uup

584
Uuh

585
Uus

586
Uuq

587
Uup

588
Uuh

589
Uus

590
Uuq

591
Uup

592
Uuh

593
Uus

594
Uuq

595
Uup

596
Uuh

597
Uus

598
Uuq

599
Uup

600
Uuh

601
Uus

602
Uuq

603
Uup

604
Uuh

605
Uus

606
Uuq

607
Uup

608
Uuh

609
Uus

610
Uuq

611
Uup

612
Uuh

613
Uus

614
Uuq

615
Uup

616
Uuh

617
Uus

618
Uuq

619
Uup

620
Uuh

621
Uus

622
Uuq

623
Uup

624
Uuh

625
Uus

626
Uuq

627
Uup

628
Uuh

629
Uus

630
Uuq

631
Uup

632
Uuh

633
Uus

634
Uuq

635
Uup

636
Uuh

637
Uus

638
Uuq

639
Uup

640
Uuh

641
Uus

642
Uuq

643

I.2.2. Propriétés principales de différentes classes des matériaux :

Les propriétés physico-chimiques et les diverses propriétés d'usage des matériaux sont basées essentiellement sur la nature des atomes et des liaisons chimiques qui constituent le matériau : masse volumique, stabilité mécanique et thermique, température de fusion, souplesse ou rigidité élastique, fragilité ou ductilité, conductivité électrique et thermique, propriétés magnétiques... Certaines de ces propriétés sont sensibles à la structure suivant laquelle les atomes sont disposés et organisés: rigidité plastique, dureté, ductilité, ténacité...

a) Matériaux Métalliques :

Les métaux et leurs alliages sont tous de nature cristalline. Deux propriétés majeures en découlent :

- La ductilité de la plupart des métaux. Cette capacité de déformation plastique est à l'origine du grand succès technique des métaux pour produire facilement des objets de forme complexe, en utilisant de très nombreux procédés de mise en forme fondés sur la déformation plastique, comme le laminage, le tréfilage, l'extrusion, le forgeage, le matriçage, etc..
- Les métaux ductiles sont très tenaces, certains énormément. La ténacité est l'énergie nécessaire pour obtenir le déchirement d'une pièce. Cette propriété est essentielle pour garantir le meilleur comportement lors d'une surcharge. Une ténacité élevée est donc le gage de la sûreté de fonctionnement de nombreux systèmes et se trouve souvent citée en numéro 1 dans un cahier des charges.

Pour les raisons exposées ci-dessus, et pour d'autres encore, les métaux sont donc les matériaux les plus performants et leurs applications sont innombrables.

On trouve parmi eux la famille géante des aciers qui sont, économiquement, les matériaux les plus importants du monde.

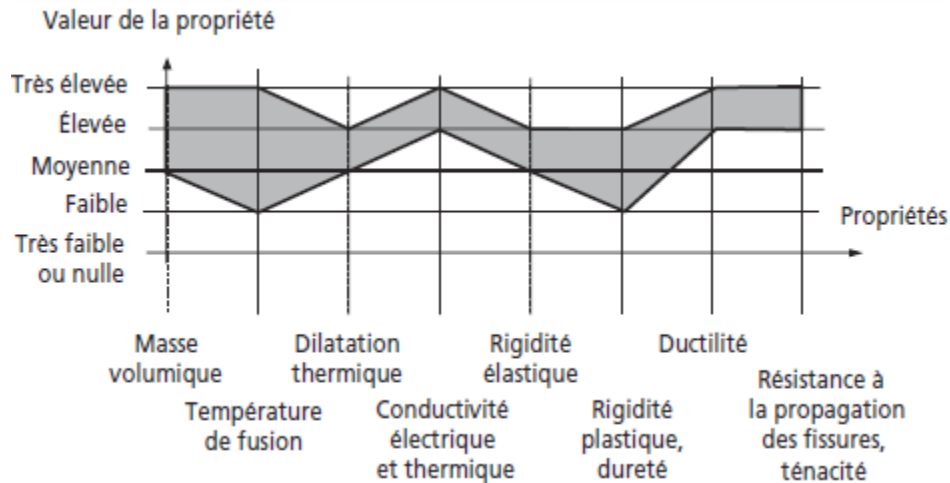


Fig I.3: Propriétés Physiques des Matériaux Métalliques

b) Matériaux Organiques :

Les matériaux organiques sont devenus des acteurs incontournables du panorama de l'optoélectronique moderne. Même s'ils se caractérisent par une faible conductivité électrique et thermique et une très faible rigidité plastique, leur utilisation nous a permis d'accéder à des fonctions totalement inaccessibles aux dispositifs inorganiques, et ce souvent à un coût très réduit et avec une facilité de fabrication appréciable. Il est maintenant possible de décliner tous les composants classiques en version « organique » : diode émettrice de lumière, **laser**, mais aussi transistors, **capteurs**, cellules photovoltaïques, éléments non linéaires, etc. À chaque fois, les propriétés sont différentes et souvent complémentaires de celles présentées par les composants inorganiques. Un tel exemple technologique démontré en 2008 est un laser organique pompé par une LED inorganique : un tel dispositif à la fois bas coût et très compact n'a pas d'équivalent dans le monde inorganique.

c) Matériaux Minéraux:

Parmi les propriétés les plus importantes pour ces matériaux on cite : la morphologie, la dureté, la cassure, le clivage, la couleur, la trace, la transparence, l'éclat, la densité, la solubilité, l'effervescence, le magnétisme, la conductivité électrique et la radioactivité.

Les minéralogistes ont une échelle relative de dureté, l'échelle de Mohs, qui utilise dix minéraux, classés du plus tendre au plus dur. L'échelle de Mohs comporte dix degrés, 1 à 10, dans l'ordre de dureté croissante: Talc, Gypse, Calcite, Fluorine, Apatite, Orthose, Quartz, Topaze, Corindon, Diamant. Pour classer les minéraux simplement, on utilise une échelle

comparative composée d'outils facilement disponibles que l'on peut rayer en fonction de la dureté (d): ongle $d > 2$, cuivre $d > 3$, couteau $d > 5$, plaque de verre $d > 6$.

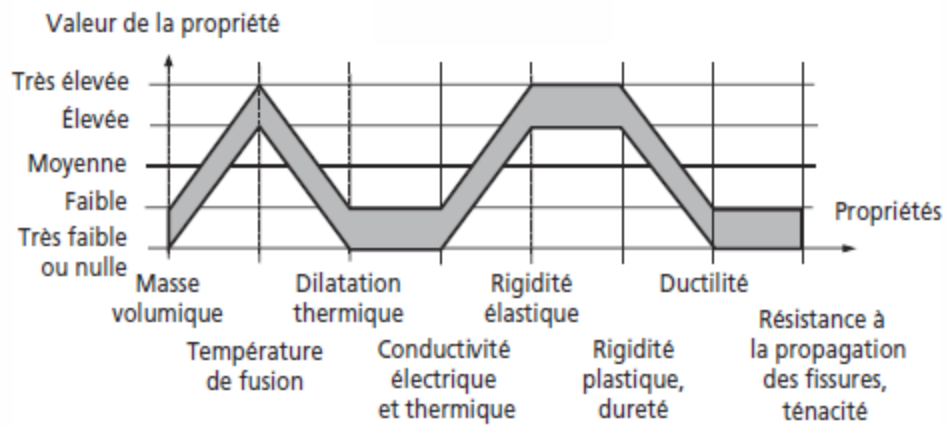


Fig I.5: Propriétés Physiques des Matériaux Minéraux

d) Matériaux composites:

Un matériau composite peut être défini comme l'assemblage de deux ou plusieurs matériaux , dont les propriétés sont intermédiaires entre les propriétés des matériaux qui les constituent. Parfois cependant, certaines **propriétés émergentes** (propriétés résultant de l'ensemble de la structure et des constituants du matériau, peuvent prendre des valeurs inattendues).