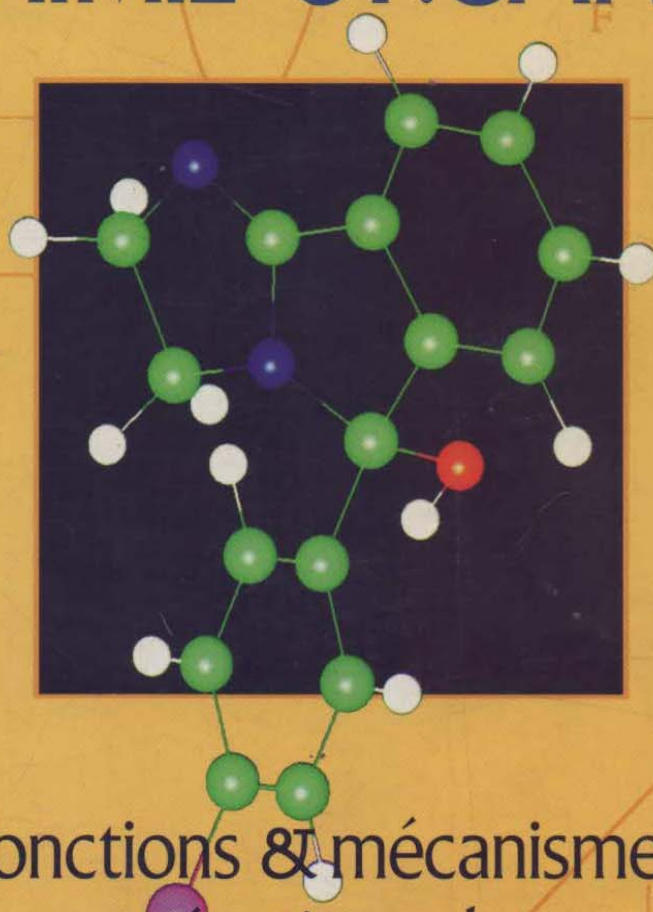


PIERRE NIVIÈRE

# COURS DE CHIMIE ORGANIQUE



fonctions & mécanismes  
reactionnels

 EYROLLES

# TABLE DES MATIÈRES

<b>CHAPITRE 1 - INTRODUCTION À L'ÉTUDE DE LA CHIMIE ORGANIQUE</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE 2 - L'APPRÉHENSION PAR LES CHIMISTES DE LA DISCONTINUITÉ DE LA MATIÈRE : LES RÈGLES FONDAMENTALES DE LA CHIMIE</b>	<b>5</b>
1 - L'appréhension des proportionnalités.....	5
2 - L'appréhension absolue de l'entité élémentaire.....	13
<b>CHAPITRE 3 - L'ÉDIFICE MOLÉCULAIRE ORGANIQUE</b>	<b>17</b>
1 - Les différents aspects de la chaîne basale.....	17
1.1 - Les chaînes saturées.....	<del>X</del>
1.1.1 - Les composés acycliques.....	17
1.1.2 - Les composés cycliques.....	19
1.2 - Les chaînes non saturées.....	21
2 - Les hydrocarbures et composés fonctionnels.....	<del>X</del>
3 - Les différentes classes de composés organiques.....	28
3.1 - Les hydrocarbures saturés.....	<del>28</del>
3.2 - Les hydrocarbures insaturés.....	29
3.3 - Les fonctions saturées.....	30
3.3.1 - Les composés halogénés et géminés.....	30
3.3.2 - Les composés organométalliques.....	32
3.3.3 - Les fonctions hydroxylées.....	33
3.3.4 - Les éthers-oxydes.....	34
3.3.5 - Les fonctions azotées.....	35
3.3.6 - Les orthoesters.....	37
3.4 - Les fonctions insaturées.....	37
3.4.1 - Les fonctions carbonylées.....	37
3.4.2 - Les fonctions azotées.....	41
3.5 - Les fonctions complexes.....	42

<b>CHAPITRE 4 – LES ENTITÉS QUI INTERVIENNENT DANS L'ÉDIFICE ET LA DYNAMIQUE MOLÉCULAIRES</b>	<b>45</b>
<b>1 – Rappel des connaissances indispensables en atomistique</b>	<b>45</b>
1.1 – L'atome	45
1.2 – La représentation des orbitales électroniques et l'établissement des liaisons covalentes	49
<b>2 – L'atome de carbone et ses transformations</b>	<b>53</b>
2.1 – Considérations générales	53
2.2 – Structure électronique de l'atome de carbone : état fondamental et état activé	55
2.3 – Le carbone hybridé	58
2.3.1 – <i>Le concept d'hybridation et son application à l'atome de carbone des chaînes saturées</i>	58
2.3.2 – <i>Le carbone hybridé des maillons insaturés</i>	61
2.3.3 – <i>Les orbitales hybrides et la liaison</i>	69
<b>3 – Les radicaux carbonés</b>	<b>71</b>
3.1 – Définition et formation	71
3.2 – Les radicaux carbonés à existence transitoire	73
3.3 – Les radicaux carbonés stables	74
3.4 – La structure des radicaux carbonés	78
<b>4 – Les carbènes</b>	<b>78</b>
<b>5 – Les carbanions</b>	<b>80</b>
<b>6 – Les carbocations</b>	<b>84</b>
<b>7 – Les ylures</b>	<b>85</b>
<b>CHAPITRE 5 – LES GROUPEMENTS FONCTIONNELS L'AFFINITÉ ÉLECTRONIQUE ET SES EFFETS</b>	<b>89</b>
<b>1 – Généralités</b>	<b>89</b>
<b>2 – Conception expérimentale de l'affinité électronique et de l'électronégativité</b>	<b>90</b>
<b>3 – L'appréciation et la mesure de l'électronégativité d'après les constantes énergétiques de l'atome</b>	<b>92</b>

4- Les rapports entre l'électroaffinité (concept absolu) et l'électronégativité (concept relatif) .....	93
5- L'électronégativité et la polarité des molécules : l'intervention de la POLARISABILITÉ .....	95
6- Le caractère ionique des liaisons de covalence et l'électronégativité .....	98
6.1 - Interprétation.....	98
6.2 - Les relations entre le caractère ionique et la résonance.....	99
7- L'électronégativité et le degré d'hybridation des orbitales.....	100
8- Les effets électroniques.....	100
8.1 - Les causes et les définitions des effets inductif et mésomère.....	100
8.2 - La quantification de l'effet inductif.....	<del>102</del>
8.3 - L'effet mésomère et l'imperfection de la symbolique des liaisons.....	104
8.4 - La quantification de l'effet mésomère.....	<del>107</del>
8.5 - Extension du concept de mésomérie aux molécules "symétriques" ....	109
8.6 - L'effet d'hyperconjugaison.....	110

## **CHAPITRE 6 - L'ISOMÉRIE MOLÉCULAIRE PLANE ET STÉRIQUE** **111**

1- L'isomérisie moléculaire dans le plan .....	111
1.1 - Isomérisie de constitution.....	<del>111</del>
1.2 - Isomérisie de position.....	<del>113</del>
2- Les molécules dans l'espace.....	115
2.1 - Considérations générales sur les divers modes de perception dans les sciences expérimentales.....	118
2.2 - La conformation.....	121
2.2.1 - La conformation de la chaîne carbonée des alcanes.....	<del>121</del>
2.2.2 - La conformation des cyclohexanes.....	125
2.2.3 - La conformation des cycles condensés cyclohexaniques, les décahydronaphtalènes. (décalines).....	129
2.2.4 - La conformation des cyclènes.....	131
2.2.5 - La conformation des diènes conjugués.....	132
2.3 - Les aménagements chiraux : la configuration.....	133
2.3.1 - Rappel de quelques principes élémentaires de géométrie.....	133
2.3.2 - Le modèle le plus simple d'aménagement chiral tridimensionnel : l'atome de carbone $sp^3$ tétrasubstitué.....	135
2.3.3 - Le pouvoir rotatoire et la configuration absolue.....	139

2.3.4 – L'isomérisme stérique intrinsèque dans les motifs à trois dimensions .....	<del>141</del>
2.3.5 – La chiralité de torsion.....	<del>154</del>
2.4 – Une application intéressante de la chimie stérique : la liaison spécifique d'un médicament avec une protéine.....	156
2.4.1 – Etude globale .....	156
2.4.2 – La liaison à l'échelle moléculaire .....	160

#### CHAPITRE 7 - LES MODIFICATIONS DE L'ÉDIFICE MOLÉCULAIRE : LA RÉACTION CHIMIQUE

165

1 – Considérations générales sur les méthodes de raisonnement utilisées par les chimistes .....	165
2 – La transformation de l'édifice .....	167
2.1 – Le cas le plus simple : une molécule est en jeu.....	168
2.2 – Le cas général : plusieurs molécules entrent en jeu, la théorie des collisions et l'énergie d'activation.....	169

#### CHAPITRE 8 - NOTIONS DE THERMODYNAMIQUE CHIMIQUE

173

1 – Le premier principe de la thermodynamique : l'équivalence de la chaleur et du travail ou la conservation de l'énergie.....	173
1.1 – Conséquence de l'équivalence de la chaleur et du travail : principe de l'état initial et de l'état final.....	174
1.2 – Le cas des réactions chimiques.....	176
1.2.1 – Dans une réaction à volume constant.....	176
1.2.2 – Dans une réaction à pression constante.....	176
1.2.3 – L'énergie utilisable, l'énergie libre et l'entropie.....	177
2 – Les deuxième et troisième principes de la thermodynamique.....	180

#### CHAPITRE 9 – LES PRINCIPAUX TYPES DE RÉACTIONS ORGANIQUES ET LES MÉCANISMES RÉACTIONNELS

183

1 – Une première classification des réactions organiques .....	183
1.1 – Les réactions de substitution .....	<del>183</del>
1.2 – Les réactions d'addition.....	<del>184</del>
1.3 – Les réactions d'élimination.....	<del>184</del>
1.4 – Les transpositions .....	<del>185</del>
2 – Les transformations et les modifications de la configuration spatiale des molécules.....	185

<b>3 - Les mécanismes.....</b>	<b>188</b>
3.1 - Considérations générales.....	188
3.2 - Les réactifs électrophiles et nucléophiles, les départs électrofuges et nucléofuges.....	190
<b>4 - Les divers types de réactions organiques.....</b>	<b>192</b>
4.1 - Les réactions d'addition.....	<del>192</del>
4.1.1 - <i>L'addition radicalaire.....</i>	192
4.1.2 - <i>L'addition électrophile.....</i>	193
4.1.3 - <i>L'addition nucléophile.....</i>	199
4.2 - Les réactions de substitution.....	<del>208</del>
4.2.1 - <i>La substitution radicalaire.....</i>	203
4.2.2 - <i>La substitution électrophile aromatique.....</i>	207
4.2.3 - <i>La substitution nucléophile.....</i>	208
4.3 - Les réactions d'élimination.....	<del>218</del>
4.4 - Les réactions par transfert électronique concerté, dites électrocycliques.....	218
4.5 - Le réarrangement des carbocations.....	<del>220</del>
4.6 - Les réactions d'oxydation et de réduction.....	<del>222</del>
4.6.1 - <i>L'oxydation.....</i>	222
4.6.2 - <i>La réduction.....</i>	225

**CHAPITRE 10 - L'AGITATION MOLÉCULAIRE ET SES APPLICATIONS EN SPECTROGRAPHIE I.R ET U.V. LA SPECTROGRAPHIE DE R.M.N.**

**LA SPECTROMÉTRIE DE MASSE. 229**

<b>1 - Les causes et les effets de l'agitation moléculaire.....</b>	<b>229</b>
<b>2 - L'ordre de grandeur des transferts énergétiques.....</b>	<b>231</b>
<b>3 - Les divers aspects de l'agitation moléculaire.....</b>	<b>231</b>
3.1 - Les mouvements désordonnés et les entraves possibles.....	231
3.2 - Les mouvements ordonnés des molécules, des atomes et des électrons.....	234
3.2.1 - <i>Les mouvements de rotation.....</i>	234
3.2.2 - <i>Les mouvements de vibration et la spectrographie infrarouge.....</i>	234
3.2.3 - <i>Les déplacements électroniques.....</i>	244
3.3 - Quelques observations pour conclure sur les divers aspects de l'agitation moléculaire.....	250
<b>4 - La Résonance Magnétique Nucléaire.....</b>	<b>251</b>
4.1 - Notions de base sur la RMN.....	251

4.2 – Applications du phénomène de RMN.....	254
4.2.1 – Déplacements chimiques, spectre de RMN.....	254
4.2.2 – Couplage spin-spin.....	256
<b>5 – La Spectrométrie de masse.....</b>	<b>258</b>

---

## CHAPITRE 11 – LES HYDROCARBURES SATURÉS ET LEUR FILIATION 261

---

<b>1 – Conformation des alcanes et des cycloalcanes.....</b>	<b>261</b>
<b>2 – La filiation des alcanes et des cycloalcanes.....</b>	<b>266</b>
2.1 – Les alcanes et cycloalcanes, termes ultimes de la réduction.....	266
2.2 – L'allongement des chaînes et la synthèse du cycle.....	268
2.3 – La décomposition thermique des hydroxydes de phosphonium.....	270
2.4 – La substitution des alcanes et des cycloalcanes.....	270
2.4.1 – L'halogénéation.....	270
2.4.2 – La nitration.....	274
2.4.3 – La sulfonation.....	276
2.5 – Les modifications de la chaîne basale : isomérisation, craquage, reformage, alkylation.....	277
2.5.1 – L'isomérisation.....	277
2.5.2 – Le craquage.....	278
2.5.3 – L'alkylation.....	279
2.6 – L'oxydation des alcanes.....	281
2.6.1 – L'oxydation incomplète en peroxydes.....	281
2.6.2 – La combustion.....	283
<b>3 – Le pétrole et le gaz naturel.....</b>	<b>286</b>
3.1 – Les constituants du pétrole.....	286
3.2 – Le gaz naturel.....	286
3.3 – Utilisation industrielle des fractions gazeuses et pétrolières.....	287

---

## CHAPITRE 12 – LES HYDROCARBURES INSATURÉS : ALCÈNES - ALCYNES - CYCLOALCÈNES ET CYCLOALCYNES 291

---

<b>1 – Structure et conformation.....</b>	<b>291</b>
1.1 – Les alcènes.....	291
1.2 – Les cycloalcènes.....	293
1.3 – Les allènes.....	295
1.4 – Les alcynes et les cycloalcynes.....	296

<b>2 - La réactivité des hydrocarbures insaturés.....</b>	<b>297</b>
2.1 - La présence de double ou triple liaisons.....	297
2.2 - La polarité des molécules.....	298
2.3 - La mobilité des atomes d'hydrogène des alcynes vrais.....	298
<b>3 - La filiation des alcènes et des alcynes.....</b>	<b>300</b>
3.1 - Les réactions d'addition ioniques et les éliminations inverses.....	301
3.1.1 - <i>Les réactifs symétriques</i> .....	301
3.1.2 - <i>Les réactifs dissymétriques</i> .....	305
3.2 - Les additions radicalaires sur les alcènes.....	311
3.3 - Les additions cycliques.....	313
3.4 - Les réactions dues à la mobilité des atomes d'hydrogène.....	318
3.5 - La polymérisation des insaturés.....	320
3.6 - La dégradation moléculaire.....	323
<b>4 - Importance industrielle des alcènes et des alcynes.....</b>	<b>325</b>

#### **CHAPITRE 13 - LES DÉRIVÉS HALOGÉNÉS ET LES COMPOSÉS ORGANOMÉTALLIQUES**

329

<b>1 - Les dérivés halogénés.....</b>	<b>329</b>
<b>2 - Les organométalliques.....</b>	<b>333</b>
2.1 - Considérations générales.....	333
2.2 - La réactivité des organométalliques.....	333
2.3 - Les organomagnésiens mixtes.....	335
2.3.1 - <i>Préparation</i> .....	336
2.3.2 - <i>La réactivité</i> .....	338

#### **CHAPITRE 14 - LA MÉSOMÉRIE**

343

<b>1 - La formation des liaisons interprétée par la chimie quantique : introduction au concept de résonance.....</b>	<b>345</b>
1.1 - Rappel du principe de Heisenberg.....	345
1.2 - L'établissement d'une liaison à partir des fonctions d'onde.....	346
<b>2 - La mésomérie appliquée aux systèmes conjugués acycliques et aromatiques.....</b>	<b>354</b>
2.1 - Les structures mésomères et la résonance.....	354
2.2 - Les axiomes de la mésomérie.....	356
2.3 - Les systèmes conjugués acycliques.....	359

2.4 – Les systèmes conjugués cycliques et l'aromaticité.....	362
2.4.1 – La détermination des orbitales moléculaires.....	362
2.4.2 – L'énergie de résonance.....	362
2.4.3 – La règle de Hückel.....	366
2.4.4 – Conformation et délocalisation $\pi$ .....	367
2.4.5 – Les hétérocycles aromatiques pentagonaux et hexagonaux.....	368
2.4.6 – Détermination expérimentale de l'énergie de résonance .....	370
<b>3 – Monographies des systèmes conjugués.....</b>	<b>373</b>
3.1 – Les diènes acycliques conjugués.....	373
3.1.1 – Interprétation des structures mésomères possibles.....	373
3.1.2 – Conséquences de ces formes mésomères.....	375
3.2 – Les fonctions carbonylées et les nitriles $\alpha$ -éthyléniques.....	379
3.3 – Le carboxyle.....	382
3.4 – Les ions cryptoaromatiques.....	384
3.5 – Les tropolones.....	385
3.6 – Les ions carbénium résonnants.....	386
3.7 – Les ions résultant de l'hyperconjugaison.....	388
<b>4 – Le benzène.....</b>	<b>389</b>
4.1 – Le caractère spécifique du benzène.....	390
4.2 – Les substitutions électrophiles du noyau benzénique.....	392
4.2.1 – Les différentes étapes de la substitution électrophile.....	393
4.2.2 – Energétique de la réaction de substitution électrophile étudiée par l'effet isotopique.....	394
4.2.3 – La production du réactif et l'attaque électrophile.....	395
4.2.4 – La réactivité des noyaux substitués et les règles d'orientation de la substitution électrophile aromatique.....	400
4.2.5 – Aspect expérimental des réactions de substitution électrophile.....	408
4.3 – La substitution nucléophile en série aromatique homocyclique.....	424
4.3.1 – Sur noyau activé.....	424
4.3.2 – Sur noyau non activé.....	427
<b>5 – Les composés hétérocycliques simples à caractère aromatique.....</b>	<b>430</b>
5.1 – Notions sommaires de nomenclature.....	430
5.2 – Les hétérocycles aromatiques pentagonaux à un hétéroatome et leurs dérivés.....	435
5.2.1 – Le furane et ses dérivés.....	435
5.2.2 – Le thiophène et ses dérivés.....	438
5.2.1 – Le pyrrole et ses dérivés.....	439

5.3 – La pyridine et ses dérivés .....	441
5.3.1 – Les substitutions nucléophiles sur la pyridine .....	444
5.3.2 – Les substitutions électrophiles sur la pyridine .....	448
5.3.3 – La substitution électrophile sur la chaîne latérale des pyridines $\alpha$ et $\gamma$ substituées .....	449
5.3.4 – La basicité de la pyridine et les propriétés dues au doublet de l'azote .....	451
5.3.5 – Quelques dérivés importants de la pyridine .....	454
<b>CHAPITRE 15 – L'EAU, LES FONCTIONS HYDROXYLÉES, LES ESTERS ET LES ÉTHERS-OXYDES</b> .....	<b>461</b>
<b>1 – L'eau</b> .....	<b>461</b>
1.1 – Structure .....	461
1.2 – L'hydratation et la solvatation .....	465
<b>2 – Les fonctions hydroxylées : alcools et phénols</b> .....	<b>468</b>
2.1 – La structure des hydroxyles .....	468
2.1.1 – L'hydroxyle des alcools .....	468
2.1.2 – L'hydroxyle des phénols .....	469
2.2 – La réactivité des composés hydroxylés .....	470
2.2.1 – Les alcools .....	470
2.2.1 – Les phénols .....	470
2.3 – Les réactions des fonctions hydroxylées .....	473
2.3.1 – La coupure acide .....	473
2.3.2 – La coupure basique .....	478
2.3.3 – L'oxydation des alcools .....	485
2.3.4 – Résumé de la réactivité comparée des alcools .....	487
2.4 – Quelques exemples de procédés industriels de préparation des alcools .....	487
2.4.1 – Le méthanol .....	487
2.4.2 – La synthèse du glycérol .....	488
2.4.3 – La synthèse de l'isopropanol .....	489
<b>3 – Les éthers-oxydes</b> .....	<b>490</b>
3.1 – L'oxygène des éthers-oxydes .....	490
3.2 – La réactivité des éthers-oxydes .....	491
3.3 – La filiation des éthers-oxydes .....	492
3.3.1 – La déshydratation des alcools .....	492
3.3.2 – La méthode de Williamson .....	492
3.3.3 – La transposition des éthers phénoliques .....	493

<b>CHAPITRE 16 – LES AMINES ET LES DIAZOÏQUES</b>	<b>497</b>
<b>1 – Les amines</b> .....	<b>497</b>
1.1 – Stéréochimie des amines .....	498
1.2 – La filiation des amines.....	500
1.2.1 – <i>Les amines, terme ultime de la réduction des composés azotés</i> .....	500
1.2.2 – <i>L'alkylation d'Hofmann</i> .....	501
1.2.3 – <i>La méthode de Gabriel</i> .....	503
1.2.4 – <i>Les dégradations d'Hofmann et de Curtius</i> .....	503
1.2.5 – <i>La basicité, l'acidité et le pouvoir nucléophile des amines</i> .....	504
1.2.6 – <i>L'acide nitreux et la diazotation des amines</i> .....	510
1.2.7 – <i>La sulfonation des amines, les acides sulfamiques</i> .....	512
<b>2 – Les diazoïques</b> .....	<b>513</b>
2.1 – La préparation et la réactivité des diazoïques.....	513
2.2 – La copulation azoïque.....	514
2.3 – L'attaque nucléophile avec départ d'azote. Réaction de Sandmeyer et Gattermann.....	514
2.4 – La décomposition radicalaire .....	516
<b>CHAPITRE 17 – LE CARBONYLE ET LES FONCTIONS CARBONYLÉES - LES NITRILES</b>	<b>517</b>
<b>1 – Structure et stéréochimie des groupements fonctionnels carbonylés</b> .....	<b>517</b>
1.1 – La structure électronique du carbonyle.....	517
1.2 – Le carbonyle dans l'espace.....	519
1.3 – La structure et l'aspect spatial des groupements fonctionnels carbonylés .....	520
<b>2 – La filiation des fonctions carbonylées</b> .....	<b>523</b>
2.1 – La filiation des composés hydroxylés aux composés carbonylés ou éventuellement carboxylés.....	523
2.1.1 – <i>Les réactions simples d'oxydation et de réduction</i> .....	523
2.1.2 – <i>L'obtention des quinones par oxydation</i> .....	527
2.1.3 – <i>La dismutation oxydoréductrice des aldéhydes</i> .....	528
2.1.4 – <i>La réaction de benzoïnation</i> .....	529
2.1.5 – <i>La synthèse magnésienne des alcools</i> .....	529
2.1.6 – <i>La réduction des cétones et la transposition pinacolique</i> .....	530
2.1.7 – <i>L'addition des composés à hydrogène mobile sur les carbonyles</i> .....	531

2.2 – La filiation des carbonylés à leurs dérivés immédiats.....	532
2.2.1 – L'addition des composés azotés.....	532
2.2.2 – La réaction de Mannich.....	536
2.2.3 – L'obtention des cyanhydrines.....	537
2.2.4 – L'addition des composés hydroxylés.....	538
2.2.5 – L'addition bisulfite.....	540
2.2.6 – L'halogénéation des carbonylés.....	540
2.2.7 – La polymérisation des aldéhydes.....	541
2.3 – La filiation des acides carboxyliques à leurs dérivés.....	542
2.3.1 – La carbonatation des organométalliques.....	542
2.3.2 – La préparation des halogénures d'acides.....	542
2.3.3 – La préparation des anhydrides d'acides.....	543
2.3.4 – La préparation et l'hydrolyse des esters d'acide carboxylique.....	545
2.3.5 – L'acidolyse et l'alcoololyse.....	547
2.3.6 – La méthylation par le diazométhane.....	548
2.3.7 – L'amidification.....	548
2.4 – La filiation des acides et de leurs dérivés, aux carbonylés et aux hydroxylés.....	552
2.4.1 – La réduction des esters et des acides.....	552
2.4.2 – La réduction des chlorures d'acides.....	553
2.4.3 – La réduction des amides.....	553
2.4.4 – La synthèse organométallique.....	553
2.4.5 – La synthèse de Reformatsky.....	554
2.4.6 – La décarboxylation des acides $\beta$ activés et des acides $\beta$ - $\gamma$ insaturés.....	554
2.5 – La mobilité des atomes d'hydrogène placés en $\alpha$ des carbonyles : les méthylènes activés et la formation des carbanions.....	555
2.5.1 – L'aldolisation et la cétolisation.....	555
2.5.2 – La réaction de Perkin.....	557
2.5.3 – La substitution en $\alpha$ du carbonyle.....	557
2.5.4 – La réaction de cyanoéthylation.....	558
2.5.5 – L'halogénéation des acides carboxyliques.....	559
2.5.6 – L'acidité des $\beta$ -dicétones.....	559
2.5.7 – Les synthèses malonique et acétylacétique.....	560
2.5.8 – L'acylation malonique et acétylacétique.....	562
2.5.9 – L'acylation des esters et des cétones : réaction de Claisen.....	562
2.5.10 – La réaction de Michael.....	563
2.6 – Quelques filiations caractéristiques des carbures aux acides carboxyliques.....	564
2.6.1 – La voie des nitriles.....	564

2.6.2 – L'oxydation des chaînes latérales des arènes.....	565
2.6.3 – La décarboxylation des acides.....	566
2.6.4 – L'obtention des alcènes par la méthode de Wittig.....	566
<b>3 – La dissociation acide du carboxyle.....</b>	<b>567</b>
<b>4 – Quelques acides à connaître - Exemples de synthèses industrielles.....</b>	<b>567</b>
<b>CHAPITRE 18 – LES OSES.....</b>	<b>575</b>
<b>1 – Structure des hexoses.....</b>	<b>576</b>
<b>2 – Quelques propriétés chimiques intéressantes des oses.....</b>	<b>580</b>
<b>3 – La stéréochimie des oses et la représentation cyclique.....</b>	<b>581</b>
3.1 – L'identification des séries D et L.....	581
3.2 – L'épimérisation.....	582
3.3 – Les isomères optiques et la configuration cyclique.....	582
<b>4 – Monographies de quelques dérivés osidiques.....</b>	<b>586</b>
<b>CHAPITRE 19 – LES ISOPRÉNOÏDES.....</b>	<b>589</b>
<b>1 – Les monoterpènes.....</b>	<b>590</b>
1.1 – Classification des carbures fondamentaux monoterpéniques.....	590
1.1.1 – Les hydrocarbures monoterpéniques acycliques.....	591
1.1.2 – Les hydrocarbures monoterpéniques à structure monocyclique.....	592
1.1.3 – Les hydrocarbures monoterpéniques à structure bicyclique.....	593
1.2 – Les changements de cycle.....	597
1.2.1 – L'addition électrophile sur les monoterpènes.....	597
1.2.2 – L'élimination.....	598
1.2.3 – La transposition de Wagner-Meerwein.....	599
1.2.4 – Quelques exemples d'isomérisation thermique de terpènes ou de composés terpéniques.....	600
1.3 – Les dérivés des monoterpènes.....	601
1.3.1 – Les alcools terpéniques.....	601
1.3.2 – Les aldéhydes terpéniques.....	604
1.3.3 – Les cétones terpéniques.....	605
1.3.4 – Les éthers terpéniques.....	607
<b>2 – Les sesquiterpènes.....</b>	<b>608</b>
<b>3 – Les diterpènes.....</b>	<b>609</b>

14. Aldolisation - Crotonisation.....	674
15. Benzoïnation.....	674
16. Filiation nitriles - amides et acides.....	675
17. Préparation des acides alcools.....	675
18. Réaction de Perkin.....	675
19. Synthèse de Claisen .....	675
20. Préparation des halogénures d'acides.....	676
21. Préparation des esters.....	676
22. Préparation des amides (N-acylation).....	676
23. Synthèse malonique et acétylacétique .....	677
24. Réaction de Knœvenagel .....	677
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>681</b>
<b>INDEX</b>	<b>683</b>