

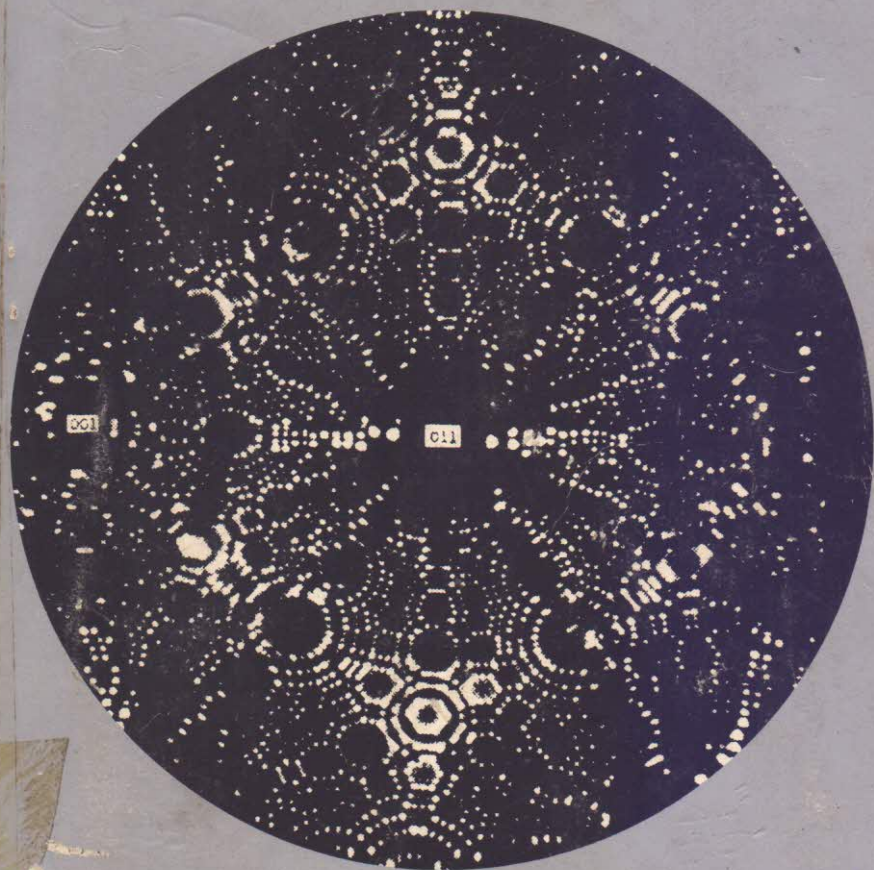
---

LE  
COURS  
DE PHYSIQUE  
DE

# FEYNMAN

---

MÉCANIQUE QUANTIQUE



**FEYNMAN/LEIGHTON/SANDS**

Nouvelle présentation française d'un ouvrage désormais classique,  
une vision personnalisée de l'enseignement de la physique par un Prix Nobel.

---

# Table des matières

---

<b>Chapitre 1</b>	<b>Le comportement quantique</b>	
1-1	Mécanique atomique . . . . .	1
1-2	Une expérience avec des balles de fusil . . . . .	2
1-3	Une expérience avec des ondes . . . . .	4
1-4	Une expérience avec des électrons . . . . .	5
1-5	Interférences des ondes d'électrons . . . . .	7
1-6	En observant les électrons . . . . .	8
1-7	Premiers principes de mécanique quantique . . . . .	13
1-8	Le principe d'incertitude . . . . .	14
<b>Chapitre 2</b>	<b>La relation entre les points de vue ondulatoire et corpusculaire</b>	
2-1	Amplitudes des ondes de probabilité . . . . .	16
2-2	Mesures de position et d'impulsion . . . . .	17
2-3	Diffraction par un cristal . . . . .	21
2-4	La taille d'un atome . . . . .	24
2-5	Niveaux d'énergie . . . . .	26
2-6	Implications philosophiques . . . . .	27
<b>Chapitre 3</b>	<b>Amplitudes de probabilité</b>	
3-1	Lois de combinaison des amplitudes . . . . .	31
3-2	Interférences obtenues avec deux fentes . . . . .	36
3-3	Diffusion par un cristal . . . . .	39
3-4	Particules identiques . . . . .	43
<b>Chapitre 4</b>	<b>Particules identiques</b>	
4-1	Particules de Bose et particules de Fermi . . . . .	48
4-2	États à deux particules de Bose . . . . .	51
4-3	États à $n$ particules de Bose . . . . .	55
4-4	Émission et absorption de photons . . . . .	57
4-5	Le spectre du corps noir . . . . .	59
4-6	L'hélium liquide . . . . .	65
4-7	Le principe d'exclusion . . . . .	66
		xi

<b>Chapitre 5</b>	<b>Spin un</b>	
5-1	Filtrage des atomes avec un appareil de Stern-Gerlach . . . . .	71
5-2	Expériences avec des atomes filtrés . . . . .	77
5-3	Filtres de Stern-Gerlach en série . . . . .	79
5-4	États de base . . . . .	81
5-5	Amplitudes en interférences . . . . .	84
5-6	La machinerie de la mécanique quantique . . . . .	87
5-7	Transformation dans une base différente . . . . .	90
5-8	Autres situations . . . . .	92
<b>Chapitre 6</b>	<b>Spin un demi</b>	
6-1	Transformation des amplitudes . . . . .	94
6-2	Transformation dans un système de coordonnées ayant subi une rotation . . . . .	97
6-3	Rotations autour de l'axe $z$ . . . . .	101
6-4	Rotations de $180^\circ$ et de $90^\circ$ autour de $y$ . . . . .	105
6-5	Rotations autour de $x$ . . . . .	109
6-6	Rotations quelconques . . . . .	111
<b>Chapitre 7</b>	<b>La dépendance des amplitudes en fonction du temps</b>	
7-1	Atomes au repos; états stationnaires . . . . .	115
7-2	Mouvement uniforme . . . . .	118
7-3	Énergie potentielle; conservation de l'énergie . . . . .	122
7-4	Forces; la limite classique . . . . .	127
7-5	La « précession » d'une particule de spin un demi . . . . .	129
<b>Chapitre 8</b>	<b>La matrice hamiltonienne</b>	
8-1	Amplitudes et vecteurs . . . . .	134
8-2	Décomposition des vecteurs d'état . . . . .	136
8-3	Quels sont les états de base du monde? . . . . .	140
8-4	Comment les états évoluent dans le temps . . . . .	142
8-5	La matrice hamiltonienne . . . . .	146
8-6	La molécule d'ammoniac . . . . .	147
<b>Chapitre 9</b>	<b>Le maser à ammoniac</b>	
9-1	Les états de la molécule d'ammoniac . . . . .	153
9-2	La molécule dans un champ électrique statique . . . . .	158
9-3	Transitions dans un champ dépendant du temps . . . . .	164
9-4	Transitions à la résonance . . . . .	167
9-5	Transitions hors de la résonance . . . . .	170
9-6	L'absorption de la lumière . . . . .	171
<b>Chapitre 10</b>	<b>Autres systèmes à deux états</b>	
10-1	L'ion d'hydrogène moléculaire . . . . .	174

10-2	Les forces nucléaires . . . . .	181
10-3	La molécule d'hydrogène . . . . .	184
10-4	La molécule de benzène . . . . .	187
10-5	Les colorants . . . . .	190
10-6	Le hamiltonien d'une particule de spin un demi dans un champ magnétique . . . . .	191
10-7	L'électron avec spin dans un champ magnétique . . . . .	194

### Chapitre 11 Autres systèmes à deux états

11-1	Les matrices de spin de Pauli . . . . .	199
11-2	Les matrices de spin en tant qu'opérateurs . . . . .	205
11-3	La solution des équations à deux états . . . . .	209
11-4	Les états de polarisation du photon . . . . .	211
11-5	Le méson K de charge nulle . . . . .	216
11-6	Généralisation aux systèmes à $N$ états . . . . .	227

### Chapitre 12 La structure hyper-fine de l'hydrogène

12-1	Les états de base d'un système fait de deux particules de spin un demi . . . . .	232
12-2	Le hamiltonien pour l'état d'énergie le plus bas de l'hydrogène . . . . .	235
12-3	Les niveaux d'énergie . . . . .	241
12-4	L'effet Zeeman . . . . .	244
12-5	Les états en présence d'un champ magnétique . . . . .	248
12-6	La matrice de projection pour un spin un . . . . .	251

### Chapitre 13 Propagation dans un réseau cristallin

13-1	États d'un électron dans un réseau à une dimension . . . . .	256
13-2	États d'énergie définie . . . . .	260
13-3	États qui varient avec le temps . . . . .	264
13-4	Un électron dans un réseau à trois dimensions . . . . .	266
13-5	Autres états dans un réseau . . . . .	267
13-6	Diffusion par les imperfections dans un cristal . . . . .	269
13-7	Capture par une imperfection d'un réseau . . . . .	272
13-8	Amplitudes de diffusion et états liés . . . . .	273

### Chapitre 14 Les semi-conducteurs

14-1	Électrons et trous dans les semi-conducteurs . . . . .	275
14-2	Semi-conducteurs impurs . . . . .	281
14-3	L'effet Hall . . . . .	284
14-4	Jonctions de semi-conducteurs . . . . .	286
14-5	Redressement du courant à une jonction de semi-conducteurs . . . . .	290
14-6	Le transistor . . . . .	292

<b>Chapitre 15</b>	<b>L'approximation des particules indépendantes</b>	
15-1	Les fonctions d'onde de spins . . . . .	295
15-2	Les fonctions d'onde à deux spins . . . . .	300
15-3	Les particules indépendantes . . . . .	302
15-4	La molécule de benzène . . . . .	304
15-5	D'autres exemples de chimie organique . . . . .	309
15-6	Autres utilisations de l'approximation . . . . .	314
<b>Chapitre 16</b>	<b>Variation des amplitudes avec la position</b>	
16-1	Les amplitudes le long d'une droite . . . . .	316
16-2	La fonction d'onde . . . . .	321
16-3	Les états de moment défini . . . . .	324
16-4	Normalisation des états en $x$ . . . . .	327
16-5	L'équation de Schrödinger . . . . .	330
16-6	Les niveaux d'énergie quantifiés . . . . .	334
<b>Chapitre 17</b>	<b>Symétrie et lois de conservation</b>	
17-1	La symétrie . . . . .	339
17-2	Symétrie et conservation . . . . .	343
17-3	Les lois de conservation . . . . .	348
17-4	La lumière polarisée . . . . .	352
17-5	La désintégration du $\Lambda^0$ . . . . .	355
17-6	Glossaire des matrices de rotation . . . . .	360
<b>Chapitre 18</b>	<b>Le moment cinétique</b>	
18-1	Le rayonnement du dipôle électrique . . . . .	363
18-2	Diffusion de la lumière . . . . .	367
18-3	L'annihilation du positronium . . . . .	369
18-4	La matrice de rotation pour un spin quelconque . . . . .	376
18-5	La mesure d'un spin nucléaire . . . . .	381
18-6	Composition des moments cinétiques . . . . .	383
	Addendum 1: Calcul de la matrice de rotation . . . . .	390
	Addendum 2: Conservation de la parité dans l'émission de photons . . . . .	393
<b>Chapitre 19</b>	<b>L'atome d'hydrogène et la table périodique</b>	
19-1	L'équation de Schrödinger pour l'atome d'hydrogène . . . . .	395
19-2	Les solutions à symétrie sphérique . . . . .	397
19-3	Les états qui dépendent des angles . . . . .	402
19-4	La solution générale pour l'hydrogène . . . . .	408
19-5	Les fonctions d'onde pour l'hydrogène . . . . .	412
19-6	La table périodique . . . . .	414

<b>Chapitre 20</b>	<b>Les opérateurs</b>	
20-1	Opérations et opérateurs . . . . .	421
20-2	L'énergie moyenne . . . . .	424
20-3	L'énergie moyenne d'un atome . . . . .	428
20-4	L'opérateur de position . . . . .	430
20-5	L'opérateur d'impulsion . . . . .	432
20-6	Le moment cinétique . . . . .	438
20-7	La variation des moyennes avec le temps . . . . .	441

<b>Chapitre 21</b>	<b>L'équation de Schrödinger dans un contexte classique: un séminaire sur la supra-conductivité</b>	
21-1	L'équation de Schrödinger en présence d'un champ magnétique	444
21-2	L'équation de continuité pour les probabilités . . . . .	447
21-3	Deux sortes d'impulsion . . . . .	449
21-4	La signification de la fonction d'onde . . . . .	451
21-5	La supra-conductivité . . . . .	452
21-6	L'effet Meissner . . . . .	454
21-7	Quantification du flux . . . . .	457
21-8	La dynamique de la supra-conductivité . . . . .	460
21-9	La jonction Josephson . . . . .	463

	<b>Épilogue de Feynman</b>	470
	<b>Appendice</b>	471
	<b>Index alphabétique</b>	507