

Modèle standard et théories de jauge

PHY 575 B

Vincent VERBAVATZ & Mikael FROSINI

14 novembre 2016

## Table des matières

I\	Introduction . . . . .	4
II\	Dynamique de la matière. . . . .	4
	1. Champs et formalisme Lagrangien . . . . .	4
	1.1. Champs relativistes et champs quantiques . . . . .	4
	1.2. Lagrangiens et champs . . . . .	4
	1.3. Seconde quantification . . . . .	4
	2. Champ électromagnétique . . . . .	4
	2.1. Formalisme tensoriel et équations de Maxwell . . . . .	4
	2.2. Équations de Lagrange du champ électromagnétique . . . . .	4
	3. Champ de Klein-Gordon . . . . .	4
	3.1. Équation de Klein-Gordon . . . . .	4
	3.2. Champ de spin 0 . . . . .	4
	4. Champ de Dirac . . . . .	4
	4.1. Équation de Dirac . . . . .	4
	4.2. Champ de spin $\frac{1}{2}$ . . . . .	5
III\	Théorie de Jauge . . . . .	6
	1. Symétries . . . . .	6
	1.1. Symétries et invariances. . . . .	6
	1.2. Globales . . . . .	6
	1.3. Locales. . . . .	6
	1.4. Distinction abéliennes / non abéliennes . . . . .	6
	2. Transformations . . . . .	6
	2.1. Cas de l'électromagnétisme . . . . .	6
	2.2. Transformations de jauge et lagrangien . . . . .	6
	2.3. Dérivée covariante . . . . .	6
	3. Champ de jauge . . . . .	6
	3.1. Introduction au champ de jauge . . . . .	6
	3.2. Lagrangien . . . . .	6
	3.3. Quantification . . . . .	6
IV\	Modèle standard et brisure de symétrie . . . . .	6
	1. Présentation qualitative du modèle standard . . . . .	6
	1.1. Symétries du modèle standard. . . . .	6
	1.2. Matière . . . . .	6
	1.3. Bosons de jauge . . . . .	6
	1.4. Boson de Higgs . . . . .	6
	2. Interactions électrofaibles. . . . .	6
	2.1. Lagrangien d'interaction . . . . .	6
	2.2. Mécanisme de brisure de symétrie . . . . .	6
	2.3. Interprétation . . . . .	6
	3. Interaction forte . . . . .	6
	3.1. Symétrie de couleur. . . . .	6
	3.2. Lagrangien d'interaction . . . . .	6
	3.3. Remarque sur la portée d'interaction . . . . .	6

V\	Au delà du modèle standard .....	6
A	Rappel sur le formalisme lagrangien classique .....	6
B	Boson de Higgs et énergie du vide .....	6

## I\ Introduction

## II\ Dynamique de la matière

### 1. Champs et formalisme Lagrangien

#### 1.1. Champs relativistes et champs quantiques

#### 1.2. Lagrangiens et champs

#### 1.3. Seconde quantification

### 2. Champ électromagnétique

#### 2.1. Formalisme tensoriel et équations de Maxwell

#### 2.2. Équations de Lagrange du champ électromagnétique

### 3. Champ de Klein-Gordon

#### 3.1. Équation de Klein-Gordon

- ▷ Principe de correspondance

- ▷ Équation de Klein-Gordon pour une particule libre de spin 0

- ▷ Optionnel : Limite non relativiste

#### 3.2. Champ de spin 0

- ▷ Formalisme Lagrangien pour une particule chargée

- ▷ Quantification du champ

- ▷ Interprétation

### 4. Champ de Dirac

#### 4.1. Équation de Dirac

- ▷ Établissement de l'équation de Dirac libre

- ▷ Spineur de Dirac

- ▷ Covariance de l'équation de Dirac

▷ Symétries de l'équation de Dirac

#### 4.2. Champ de spin $\frac{1}{2}$

▷ Formalisme Lagrangien

▷ Quantification du champ

▷ Interprétation

### III\ Théorie de Jauge

#### 1. Symétries

##### 1.1. Symétries et invariances

##### 1.2. Globales

##### 1.3. Locales

##### 1.4. Distinction abéliennes / non abéliennes

#### 2. Transformations

##### 2.1. Cas de l'électromagnétisme

##### 2.2. Transformations de jauge et lagrangien

##### 2.3. Dérivée covariante

#### 3. Champ de jauge

##### 3.1. Introduction au champ de jauge

##### 3.2. Lagrangien

##### 3.3. Quantification

y

## IV\    Modèle standard et brisure de symétrie

### 1.    Présentation qualitative du modèle standard

#### 1.1.    Symétries du modèle standard

#### 1.2.    Matière

#### 1.3.    Bosons de jauge

#### 1.4.    Boson de Higgs

### 2.    Interactions électrofaibles

#### 2.1.    Lagrangien d'interaction

#### 2.2.    Mécanisme de brisure de symétrie

#### 2.3.    Interprétation

### 3.    Interaction forte

#### 3.1.    Symétrie de couleur

#### 3.2.    Lagrangien d'interaction

#### 3.3.    Remarque sur la portée d'interaction

## V\    Au delà du modèle standard

### A    Rappel sur le formalisme lagrangien classique

### B    Boson de Higgs et énergie du vide

## Références

[1] Nom, "Titre" Ouvrage (date)