

**Physique des particules  
PHY-7013  
Département de Physique, génie physique et optique, Université Laval  
Session: Hiver 2017**

---

## Responsables

---

**Professeur:** Luc Marleau, VCH-3417  
tél : (418) 656-2131 x2643  
fax: (418) 656-5902  
courriel: lmarleau@phy.ulaval.ca  
site web: <http://feynman.phy.ulaval.ca/marleau/marleau.html>

**Dépanneur/correcteur:** (aucun)

---

## Horaire

---

Lectures dirigées

---

## Références principales

---

1. *Introduction à la physique des particules*, Notes de cours, L. Marleau. Il s'agit d'un document disponible en deux versions pdf pouvant être téléchargées du site internet  
<http://feynman.phy.ulaval.ca/marleau/marleau.html>
  - 1- Version pdf publique mais non-imprimable
  - 2- Version pdf imprimable non publique (requérant un mot de passe)
1. *Quantum Field Theory*, F. Mandl & G. Shaw, Wiley & Sons, (1984).
2. *An Introduction to Quantum Field Theory*, M.E. Peskin & D.V. Schroeder, Addison Wesley (1995)

---

## Références complémentaires

---

1. *Gauge Theories of the Strong, Weak and Electromagnetic Interactions*, C. Quigg, Benjamin-Cummings (1983).
2. *Gauge Theories in Particle Physics*, I.J.R. Aitchison & A.J.G. Hey.
3. *Gauge Theory of Elementary Particle Physics*, T.-P. Cheng & L.-F. Li.
4. *An Introduction to Gauge Theories and the New Physics*, E. Leader et E. Predazzi, Cambridge U. Press (1982).
5. *Weak Interactions of Leptons and Quarks*, E.D. Comings et P.H. Bucksbaum, Cambridge U. Press (1983).
6. *Quarks, Leptons and Gauge Fields*, K. Huang, World Scientific (1982).

---

## But du Cours

---

Depuis des millénaires, on tente d'expliquer de quoi est fait l'univers. Selon les grecs, les constituants fondamentaux de la nature étaient l'Eau, la Terre et le Feu. Malgré la simplicité de ce modèle (seulement trois éléments), il y avait quelques lacunes importantes dont le fait que les phénomènes étaient trop souvent le résultat de la bonne ou la mauvaise humeur d'un Dieu. Une tentative plus contemporaine attribuable à Mendéléev porta le nombre de composantes à plus de cent éléments chimiques. Mais ce nombre élevé et la régularité du tableau de Mendéléev suggéra toutefois une sous-structure aux noyaux atomiques, celle des nucléons. On sait maintenant qu'il y a plus de deux cents de ces hadrons (incluant nucléons, mésons, hyperons...) et qu'il faut chercher une structure encore plus fondamentale pour en trouver l'explication.

De nos jours, il semble y avoir consensus autour d'un modèle comme étant le meilleur candidat à une théorie des interactions électro-faibles et fortes de la matière, le modèle "standard". Les particules fondamentales y sont regroupées en familles de quarks et de leptons et leurs interactions (exception faite de la gravité) sont décrites par des théories basées sur les symétries de jauge. Dans ce cours, nous examinerons le modèle standard, ses prédictions, ses succès et ses limites, et ses extensions avec une approche phénoménologique.

---

## Contenu et objectifs

---

- Survol du MS, Groupes de Lie, Particules du MS, Conventions, Transformations de Lorentz.
- Mécanique quantique relativiste, L'équation de Dirac, Matrices  $\gamma$ , Solution: Particule libre, Covariants de Dirac, Spineurs de Dirac, Hélicité, Sommes sur le spin.
- Théorie classique des champs, Formalisme d'Hamilton, Théorème de Noether.
- Théorie quantique des champs, Théorie des champs: éq de KG, Dépendance du temps, Propagateur Klein-Gordon, Théorie des Champs: éq de Dirac, Théorie des champs: électromagnétisme.
- Interactions, QED, Matrice  $S$ , Règles de Feynman, Évaluation des diagrammes de Feynman, Variables de Mandelstam, Section efficace.
- Applications, La diffusion Compton, Interactions faibles,  $(V-A) \times (V-A)$ , Désintégrations du lepton  $\tau$ , Problèmes avec la théorie de Fermi, Pourquoi le  $W$ ?, Les polarisations du  $W$ , Problèmes avec le  $W$ , Théories Yang-Mills, Champs de Jauge, Terme cinétique pour  $A_\mu$ .
- Brisure spontanée de symétrie, Symétries globales continues, Symétries locales continues, Modèle Georgi-Glashow, Théorie électrofaible  $SU(2) \times U(1)$ , Brisure de la symétrie  $SU(2) \times U(1)$ , Masses des bosons de jauge, Interactions des fermions, Courants neutres: DIS, Pôle du  $Z^0$ , Courants chargés, kaons et le quark  $c$ , Boson de Higgs, Masses des fermions, Matrice CKM, Violation CP, Système des kaons, Système des mésons  $B$ , Masses des neutrinos, Oscillations de neutrinos, Valeurs des masses et du mélange,
- Au-delà du Modèle Standard.

**Objectifs:** bien comprendre les concepts et les notions de physique des particules, connaître les détails du modèle standard avec ses avantages et ses lacunes, être en mesure d'effectuer des calculs de processus élémentaires entre particules par exemple sections efficace de collisions ou taux de désintégrations.

---

### Mode d'évaluation<sup>1</sup>

---

- L'évaluation est basée sur une série de devoirs à remettre à des dates précises et sur un travail écrit/web obligatoire. La note est calculée selon:

Évaluation	Travaux	Pondération
3 séries d'exercices	à remettre à dates précises	60%
Projet – travail écrit	à remettre à date précise	40%

- La note de passage est de 50% et correspondra à la frontière entre les cotes  $D$  et  $E$ . Les notes supérieures à la note de passage couvriront le reste du spectre de cotes, soit de  $D$  à  $A^+$  comme établi dans le tableau ci-bas.

Tableau de conversion: Notes vs Cotes									
90	$\leq$	$A^+$	$\leq$	100	70	$\leq$	$B^-$	$<$	74
86	$\leq$	$A$	$<$	90	66	$\leq$	$C^+$	$<$	70
82	$\leq$	$A^-$	$<$	86	50	$\leq$	$C$	$<$	66
78	$\leq$	$B^+$	$<$	82	0	$\leq$	$E$		
74	$\leq$	$B$	$<$	78					

- La cote est établie en fonction des objectifs du cours et non la force du groupe mais on pourra tenir compte de la difficulté des questionnaires. Dans la correction, l'importance est accordée aux hypothèses de départ et à la justesse du raisonnement plus qu'à l'exactitude des calculs numériques. La qualité de la langue est aussi un critère de correction.

---

<sup>1</sup>Règles disciplinaires:

Tout étudiant qui commet une infraction au Règlement disciplinaire à l'intention des étudiants de l'Université Laval dans le cadre du présent cours, notamment en matière de plagiat, est passible des sanctions qui sont prévues dans ce règlement. Il est très important pour tout étudiant de prendre connaissance des articles 28 à 32 du Règlement disciplinaire. Celui-ci peut être consulté à l'adresse suivante: [http://www.ulaval.ca/sg/reg/reglements/reglement\\_disciplinaire.pdf](http://www.ulaval.ca/sg/reg/reglements/reglement_disciplinaire.pdf)

Plagiat: Tout étudiant est tenu de respecter les règles relatives à la protection du droit d'auteur. Constitue notamment du plagiat le fait de:

- copier textuellement un ou plusieurs passages provenant d'un ouvrage sous format papier ou électronique sans mettre ces passages entre guillemets et sans en mentionner la source;
- résumer l'idée originale d'un auteur en l'exprimant dans ses propres mots (paraphraser) sans en mentionner la source;
- traduire partiellement ou totalement un texte sans en mentionner la provenance;
- remettre un travail copié d'un autre étudiant (avec ou sans l'accord de cet autre étudiant);
- remettre un travail téléchargé d'un site d'achat ou d'échange de travaux scolaires.