

5.00 crédits

22.5 h + 7.5 h

Q1

|                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Enseignants                                 | Génévriez Matthieu ;Urbain Xavier ;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Langue d'enseignement                       | Anglais<br>> Facilités pour suivre le cours en français                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Lieu du cours                               | Louvain-la-Neuve                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Préalables                                  | Avoir suivi LPHYS1241, LPHYS1342 et LPHYS1344 constitue un atout.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Thèmes abordés                              | Interactions lumière-matière, atomes froids, transfert cohérent de population, condensat de Bose-Einstein, RMN et IRM, équations de Bloch.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Acquis d'apprentissage                      | <p><b>A la fin de cette unité d'enseignement, l'étudiant est capable de :</b></p> <p><b>a. Contribution de l'unité d'enseignement aux acquis d'apprentissage du programme (PHYS2M et PHYS2M1)</b><br/>AA 1.1, AA 1.2, AA 1.5, AA1.6, AA 3.1, AA 3.3, AA 5.4</p> <p><b>b. Acquis d'apprentissage spécifiques à l'unité d'enseignement</b><br/>Au terme de cette unité d'enseignement, l'étudiant.e sera capable de :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. décrire l'interaction laser-atome avec l'hamiltonien approprié et le formalisme de la matrice de densité ;</li> <li>2. décrire les étapes essentielles pour le piégeage d'atomes, au refroidissement d'atomes et à la formation de condensats ;</li> <li>3. déterminer les paramètres expérimentaux pour un refroidissement Doppler et sub-Doppler ;</li> <li>4. décrire les étapes essentielles à l'imagerie par résonance magnétique nucléaire ;</li> <li>5. restituer une définition quantique d'une collision et pouvoir utiliser le concept de section efficace.</li> </ol> |
| Modes d'évaluation des acquis des étudiants | Examen écrit avec des questions ouvertes et fermées.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Méthodes d'enseignement                     | Cours ex-cathedra, animations vidéos, applications numériques, exercices, démonstrations en laboratoire.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Contenu                                     | Interactions lumière-atome, modèle à deux niveaux, oscillation de Rabi, passage adiabatique rapide, les vecteurs de Bloch, les franges de Ramsey, l'absorption saturée, le modèle à trois niveaux, pompage optique, spectroscopie à deux photons, STIRAP, transparence induite par la lumière, lumière lente. Atomes froids, pièges d'atomes et condensats, refroidissement Doppler et sub-Doppler, piège dipolaire et magnéto-optique, refroidissement évaporatif, mécanique statistique de condensats bosoniques, propriétés des condensats, lasers atomiques. Applications des atomes froids à la métrologie et aux horloges atomiques, fontaines atomiques, ions froids en régime Lamb-Dicke, sauts quantiques, qubits atomiques. Matrice de densité et équation de Von Neumann-Liouville. Introduction aux principes de la résonance magnétique nucléaire (NMR) et d'imagerie par résonance nucléaire (IRM) : équations de Bloch, échos de spin, RMN à transformée de Fourier, séquences de pulses en IRM.                                    |
| Bibliographie                               | <p>C. Foot (2005), « Atomic Physics », Oxford University Press, ISBN: 9780198506966</p> <p>G. Grynberg, A. Aspect, C. Fabre, « Introduction to Quantum Optics », Cambridge University Press, 2010</p> <p>C. Cohen –Tannoudji, Bernard Diu, Franck Laloë, « Mécanique quantique, tome III », CNRS Editions, EDP Sciences – Collection: Savoirs Actuels, 2017.</p> <p>M. Fox « Quantum Optics. An introduction », Oxford Master Series in Atomic, Optical, and Laser Physics, 2006.</p> <p>M. Fox « Optique quantique. Une introduction », trad. B. Piraux, De Boeck Université, 2011.</p> <p>P.Lambropoulos and D.Petrosyan « Fundamentals of Quantum Optics and Quantum Information », Springer, 2007.</p> <p>S. Haroche and J.-M. Raimond « Exploring the Quantum », Oxford, 2007.</p> <p>M.O. Scully &amp; M.S. Zubairy « Quantum Optics », Cambridge University Press, 1997.</p>                                                                                                                                                                |
| Faculté ou entité en charge:                | PHYS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

| Programmes / formations proposant cette unité d'enseignement (UE) |         |         |           |                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------|---------|---------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Intitulé du programme                                             | Sigle   | Crédits | Prérequis | Acquis d'apprentissage                                                              |
| Master [60] en sciences physiques                                 | PHYS2M1 | 5       |           |  |
| Master [120] : ingénieur civil physicien                          | FYAP2M  | 5       |           |  |
| Master [120] en sciences physiques                                | PHYS2M  | 5       |           |  |
| Master de spécialisation en nanotechnologies                      | NANO2MC | 5       |           |  |
| Master [120] en enseignement section 4 : physique                 | PHYS2M4 | 5       |           |  |