

Préliminaires

Professeur

Richard MacKenzie, B-4011
richard.mackenzie@umontreal.ca

Horaire du cours

cours lundi 9 h 30 - 11 h 20 (début 31 août), B-2482
cours vendredi 10 h 30 - 11 h 20 (début 4 sept), A-3561
congés : lun 7 sept, lun 5 oct, lun 12 oct

Devoirs Vous recevrez autour de 6 devoirs au cours de la session. La remise des devoirs sera sur StudiUM : la date/heure limite seront 100% strictes car en général le corrigé sera affiché à la même heure. Surtout pour le premier devoir, planifiez une remise *au moins quelques heures en avance* pour éviter des ennuis si quelque chose ne marche pas à la dernière minute. Un devoir remis par courriel après la date/heure limite – même quelques minutes en retard – ne sera pas accepté. Cette politique pourrait sembler excessivement rigide, mais notez bien que le pire de vos devoirs ne sera pas compté. Le premier devoir va comprendre des informations sur la remise des devoirs (mais j'imagine/espère que vous êtes familiers avec la remise sur StudiUM de vos autres cours).

REMARQUES sur la collaboration aux devoirs et l'utilisation de l'IAG (intelligence artificielle générative : ChatGPT, etc.) :

- La collaboration est très encouragée ; vous pouvez sauver du temps et apprendre mieux en discutant des exercices avec vos camarades de classe.
- L'université met beaucoup de ressources dans le développement d'une politique par rapport à l'IAG. Moi-même, un peu moins. Je n'ai aucune objection si vous utilisez l'IAG comme outil d'apprentissage ou si vous obtenez de l'aide de l'IAG pour faire vos devoirs. Ceci dit. . .
- Si la *collaboration* (avec vos camarades ou ChatGPT) est encouragée, le *plagiat* ne l'est pas du tout. Il y a une ligne fine entre les deux, mais une chose est certaine : si vous ne comprenez pas tout ce que vous écrivez (par exemple, si vous ne pourriez pas l'expliquer à vos camarades de classe), vous êtes du mauvais côté de la ligne !

REMARQUES sur la correction des devoirs :

- Il se peut que les numéros remis ne soient pas tous corrigés (par exemple : 3 numéros remis, 1 ou 2 [choisis après la remise !] corrigés).
- *La correction porte sur la validité ainsi que la clarté du raisonnement, la lisibilité, etc., de vos solutions.* Une solution correcte mais mal organisée, mal expliquée ou autrement difficile à comprendre ne va pas nécessairement mériter tous les points. Vous êtes donc fortement conseillés d'écrire lisiblement (crayon suffisamment foncé svp!), de bien expliquer votre raisonnement, et de mettre la réponse finale dans une boîte bien visible, etc.

Examen intra Date proposée : période de cours du 26 octobre, B-2482. Le format de l'examen, la matière couverte, etc, vont être annoncés 1-2 semaines avant l'examen.

Examen final (récapitulatif) Date proposée : 18 décembre, 8h30-11h30 (local à déterminer)

Évaluation La note globale sera déterminée par la note aux devoirs et la note aux examens, de la manière suivante :

- Note aux devoirs = moyenne de vos 5 meilleurs devoirs sur 6 (votre pire devoir ne compte pas), convertie en %.
- Note aux examens = meilleure de : intra (40) + final (60) OU final (100).
- Note globale = meilleure de : devoirs (20) + examens (80) OU examens (100).

Documentation Manuel principal : notes de cours «Introduction to group theory in quantum mechanics». Le document sera mis sur StudiUM. Il s'agit d'un travail en cours : les notes de cours ne sont pas 100% complètes et comprennent sans doute des erreurs. Tous vos commentaires, suggestions et corrections sont TRÈS bienvenues.

Voici quelques autres références (possiblement sur réserve à la Bibliothèque de Physique) :

- J.F. Cornwell, *Group theory in physics : an introduction*.
- A.W. Joshi, *Elements of group theory for physicists*.
- W. Ludwig et C. Falter, *Symmetries in physics : group theory applied to physical problems*.
- M. Tinkham, *Group theory and quantum mechanics*.
- M.S. Dresselhaus, G. Dresselhaus, A. Jorio, *Group theory : application to the physics of condensed matter*.
- W.-K. Tung, *Group theory in physics*.
- E.P. Wigner, *Group theory and its applications to the quantum mechanics of atomic spectra*.

Plan de Cours : PHY 3080

Le temps alloué à chaque sujet (à titre indicatif seulement) est indiqué par un [x]. Il est fort possible que nous n'ayons pas assez de temps pour discuter de tous les sujets.

1. Preliminaires [1/2]
2. Théorie des groupes abstraits [3 1/2]
 - définition de groupe ; exemples
 - développements : sous-groupes et cosets ; classes d'équivalence ; sous-groupe invariant ; homo/isomorphismes ; groupe quotient ; groupes produit direct et semi-direct
3. Théorie des représentations [7]
 - définition ; exemples
 - équivalence ; représentation réductible et irréductible (irrep) ; caractères
 - théorème d'orthogonalité ; orthogonalité et caractères
 - formule de décomposition (d'une représentation réductible en irreps)
 - produit direct de représentations
 - représentations de groupes produit direct et semi-direct
4. Applications en mécanique quantique [10]
 - discussion générale : symétries et groupes ; action de transformation de coordonnées sur l'espace des fonctions
 - groupe de symétrie de l'hamiltonien.
 - théorie des perturbations stationnaires et dépendantes du temps du point de vue TdG.
 - particules identiques
 - spectroscopie des baryons
 - opérateurs de projection
5. Groupes de Lie [16]
 - introduction ; exemples
 - propriétés : connexe/non-connexe ; compact/non-compact
 - générateurs ; algèbres de Lie ; constantes de structure
 - relation entre algèbres et groupes de Lie ; exemple : $SU(2)$ et $SO(3)$
 - représentations de groupes et d'algèbres de Lie
 - théorème de Wigner, représentations projectives et rotations
 - irreps de $su(2)$; produit direct d'irreps de $su(2)$
 - groupes de transformations des coordonnées : forme différentielle des générateurs
 - oscillateur harmonique bidimensionnel isotrope
 - $SU(3)$: irreps ; produit direct d'irreps