

Mastère Spécialisé

Physique Quantique



Mastère Spécialisé Physique Quantique

- » Modalité : en ligne
- » Durée : 12 mois
- » Diplôme : TECH Global University
- » Accréditation : 60 ECTS
- » Horaire : à votre rythme
- » Examens : en ligne

Accès au site web : www.techtitute.com/fr/ingenierie/master/master-physique-quantique

Sommaire

01

Présentation du programme

page 4

02

Pourquoi étudier à TECH?

page 8

03

Programme d'études

page 12

04

Objectifs pédagogiques

page 28

05

Opportunités de carrière

page 32

06

Licences de logiciels incluses

page 36

07

Méthodologie d'étude

page 40

08

Corps enseignant

page 50

09

Diplôme

page 54

01

Présentation du programme

Dans un contexte mondial de plus en plus influencé par les avancées de la Physique Quantique, il devient indispensable de pouvoir compter sur des professionnels capables de transposer les connaissances scientifiques en innovations technologiques. Cette interaction a donné naissance à des avancées majeures telles que le télescope James Webb ou l'accélérateur de particules qui a permis de découvrir le boson de Higgs. De même, des défis tels que la compréhension de l'asymétrie entre la matière et l'antimatière, la détection d'exoplanètes ou l'étude des trous noirs supermassifs restent prioritaires. Selon le CERN, ces défis ouvrent la voie à une nouvelle ère de recherche multidisciplinaire. C'est pourquoi TECH a développé un diplôme 100 % en ligne, avec une approche théorique et pratique et un accès permanent, qui approfondit l'astrophysique, la physique nucléaire et la mécanique quantique.





Étudiez les phénomènes liés à la matière et à l'énergie noire dans un environnement universitaire spécialisé et à la pointe de la technologie"

Le domaine de recherche de la Physique Quantique offre un large éventail de pistes de développement avec un énorme potentiel pour les professionnels de l'ingénierie qui décident de se lancer dans cet univers d'exploration scientifique. Des domaines tels que la production d'énergie, les atomes ultra-froids, les ions piégés ou la photonique ne représentent qu'une partie des possibilités que cette discipline offre sur le plan théorique et appliqué.

Les récentes avancées en physique ont ouvert de nouvelles voies d'étude dans des domaines aussi divers que l'astrophysique, la cosmologie, la chimie, la médecine ou l'intelligence artificielle. C'est pourquoi TECH a conçu ce Mastère Spécialisé en Physique Quantique, afin que les diplômés puissent maîtriser les concepts clés de la physique planétaire et solaire, les travaux d'auteurs tels que Paul Dirac ou Richard Feynman, et les fondements de la théorie quantique des champs, entre autres contenus d'une grande importance scientifique.

Toutes les connaissances sont transmises dans le cadre d'un programme 100 % en ligne, qui permet à l'étudiant d'approfondir des aspects tels que les équations d'Einstein, la solution de Schwarzschild, la matière et les énergies sombres, ou la thermodynamique de l'univers primitif. Les études de cas incluses permettront d'intégrer les connaissances acquises dans votre pratique professionnelle quotidienne, devenant ainsi un outil précieux pour votre développement intellectuel et technique.

Grâce à cette proposition, TECH offre une opportunité unique aux ingénieurs qui souhaitent progresser dans leur carrière grâce à un enseignement universitaire de qualité, sans contraintes de temps ou de lieu. Il suffit d'un appareil connecté à Internet pour accéder à une expérience d'apprentissage flexible, adaptée à chaque rythme de vie. De plus, ce parcours académique comprend 10 *Masterclasses* exclusives dispensées par un expert international prestigieux, qui agit en tant que Directeur Invité.

Ce **Mastère Spécialisé en Physique Quantique** contient le programme le plus complet et le plus actualisé du marché. Ses caractéristiques sont les suivantes :

- ♦ Le développement de cas pratiques présentés par des experts en Physique Quantique
- ♦ Les contenus graphiques, schématiques et éminemment pratiques de l'ouvrage fournissent des informations scientifiques et pratiques sur les disciplines essentielles à la pratique professionnelle
- ♦ Exercices pratiques permettant de réaliser le processus d'auto-évaluation afin d'améliorer l'apprentissage
- ♦ Il met l'accent sur les méthodologies innovantes
- ♦ Cours théoriques, questions à l'expert, forums de discussion sur des sujets controversés et travail de réflexion individuel
- ♦ La possibilité d'accéder aux contenus depuis n'importe quel appareil fixe ou portable doté d'une connexion internet



Grâce à des Masterclasses exclusives, dispensées par le Directeur Invité International de TECH, vous pourrez mettre à jour toutes vos compétences en matière de recherche dans le domaine de la Physique Quantique”

“

La bibliothèque de ressources multimédias de ce cours vous permettra de connaître les principales contributions à la physique quantique de Richard Feynman, Paul Dirac, Peter Higgs et Schrödinger”

Son corps enseignant comprend des professionnels issus du domaine de la Physique Quantique, qui apportent à ce programme leur expérience professionnelle, ainsi que des spécialistes reconnus issus de sociétés de référence et d'universités prestigieuses.

Son contenu multimédia, développé avec les dernières technologies éducatives, permettra au professionnel un apprentissage situé et contextuel, c'est-à-dire un environnement simulé qui fournira un étude immersif programmé pour s'entraîner dans des situations réelles.

La conception de ce programme est axée sur l'Apprentissage par les Problèmes, grâce auquel l'étudiant doit essayer de résoudre les différentes situations de la pratique professionnelle qui se présentent tout au long du programme académique. Pour ce faire, le professionnel aura l'aide d'un système vidéo interactif innovant créé par des experts reconnus.

Explorez les secrets de l'expansion de l'univers et son lien avec la théorie de la relativité générale.

Étudiez l'impact des ondes gravitationnelles et leur importance dans la cosmologie actuelle.



02

Pourquoi étudier à TECH?

TECH est la plus grande Université numérique du monde. Avec un catalogue impressionnant de plus de 14 000 programmes universitaires, disponibles en 11 langues, elle se positionne comme un leader en matière d'employabilité, avec un taux de placement de 99 %. En outre, elle dispose d'un vaste corps professoral composé de plus de 6 000 professeurs de renommée internationale.



“

Étudiez dans la plus grande université numérique du monde et assurez votre réussite professionnelle. L'avenir commence à TECH”

La meilleure université en ligne du monde, selon FORBES

Le prestigieux magazine Forbes, spécialisé dans les affaires et la finance, a désigné TECH comme "la meilleure université en ligne du monde". C'est ce qu'ils ont récemment déclaré dans un article de leur édition numérique dans lequel ils se font l'écho de la réussite de cette institution, "grâce à l'offre académique qu'elle propose, à la sélection de son corps enseignant et à une méthode d'apprentissage innovante visant à former les professionnels du futur".

Forbes

Meilleure université
en ligne du monde

Plan

d'études
le plus complet

Les programmes d'études les plus complets sur la scène universitaire

TECH offre les programmes d'études les plus complets sur la scène universitaire, avec des programmes qui couvrent les concepts fondamentaux et, en même temps, les principales avancées scientifiques dans leurs domaines scientifiques spécifiques. En outre, ces programmes sont continuellement mis à jour afin de garantir que les étudiants sont à la pointe du monde universitaire et qu'ils possèdent les compétences professionnelles les plus recherchées. De cette manière, les diplômes de l'université offrent à ses diplômés un avantage significatif pour propulser leur carrière vers le succès.

Le meilleur personnel enseignant top international

Le corps enseignant de TECH se compose de plus de 6 000 professeurs jouissant du plus grand prestige international. Des professeurs, des chercheurs et des hauts responsables de multinationales, parmi lesquels figurent Isaiah Covington, entraîneur des Boston Celtics, Magda Romanska, chercheuse principale au Harvard MetaLAB, Ignacio Wistumba, président du département de pathologie moléculaire translationnelle au MD Anderson Cancer Center, et D.W. Pine, directeur de la création du magazine TIME, entre autres.

Personnel enseignant
TOP
International

Une méthode d'apprentissage unique

TECH est la première université à utiliser *Relearning* dans tous ses formations. Il s'agit de la meilleure méthodologie d'apprentissage en ligne, accréditée par des certifications internationales de qualité de l'enseignement, fournies par des agences éducatives prestigieuses. En outre, ce modèle académique perturbateur est complété par la "Méthode des Cas", configurant ainsi une stratégie d'enseignement en ligne unique. Des ressources pédagogiques innovantes sont également mises en œuvre, notamment des vidéos détaillées, des infographies et des résumés interactifs.



La méthodologie
la plus efficace

La plus grande université numérique du monde

TECH est la plus grande université numérique du monde. Nous sommes la plus grande institution éducative, avec le meilleur et le plus vaste catalogue éducatif numérique, cent pour cent en ligne et couvrant la grande majorité des domaines de la connaissance. Nous proposons le plus grand nombre de diplômes propres, de diplômes officiels de troisième cycle et de premier cycle au monde. Au total, plus de 14 000 diplômes universitaires, dans onze langues différentes, font de nous la plus grande institution éducative au monde.

**N°1
Mondial**

La plus grande
université en ligne
du monde

L'université en ligne officielle de la NBA

TECH est l'université en ligne officielle de la NBA. Grâce à un accord avec la grande ligue de basket-ball, elle offre à ses étudiants des programmes universitaires exclusifs ainsi qu'un large éventail de ressources pédagogiques axées sur les activités de la ligue et d'autres domaines de l'industrie du sport. Chaque programme est conçu de manière unique et comprend des conférenciers exceptionnels: des professionnels ayant un passé sportif distingué qui apporteront leur expertise sur les sujets les plus pertinents.

Leaders en matière d'employabilité

TECH a réussi à devenir l'université leader en matière d'employabilité. 99% de ses étudiants obtiennent un emploi dans le domaine qu'ils ont étudié dans l'année qui suit la fin de l'un des programmes de l'université. Un nombre similaire parvient à améliorer immédiatement sa carrière. Tout cela grâce à une méthodologie d'étude qui fonde son efficacité sur l'acquisition de compétences pratiques, absolument nécessaires au développement professionnel.



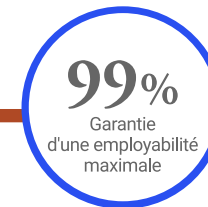
Google Partner Premier

Le géant américain de la technologie a décerné à TECH le badge Google Partner Premier. Ce prix, qui n'est décerné qu'à 3% des entreprises dans le monde, souligne l'expérience efficace, flexible et adaptée que cette université offre aux étudiants. Cette reconnaissance atteste non seulement de la rigueur, de la performance et de l'investissement maximaux dans les infrastructures numériques de TECH, mais positionne également TECH comme l'une des principales entreprises technologiques au monde.



L'université la mieux évaluée par ses étudiants

Les étudiants ont positionné TECH comme l'université la mieux évaluée du monde dans les principaux portails d'opinion, soulignant sa note la plus élevée de 4,9 sur 5, obtenue à partir de plus de 1 000 évaluations. Ces résultats consolident TECH en tant qu'institution universitaire de référence internationale, reflétant l'excellence et l'impact positif de son modèle éducatif.



03

Programme d'études

Les supports pédagogiques qui composent ce Mastère Spécialisé ont été élaborés par un groupe d'experts en Physique Quantique, Astrophysique, Cosmologie, Informatique Quantique et autres disciplines connexes. Grâce à cela, le programme d'études abordera de manière rigoureuse et actualisée les fondements théoriques et expérimentaux de la mécanique quantique, des théories des champs, de la relativité générale et des technologies émergentes. Ce parcours académique permettra aux diplômés de maîtriser les principes physiques qui régissent l'univers, ainsi que d'appliquer des méthodologies avancées dans des contextes de recherche ou de développement technologique.



“

Vous maîtriserez les postulats qui régissent le monde quantique et les lois qui régissent le cosmos, grâce à un programme complet, approfondi et axé sur la pratique scientifique actuelle”

Module 1. Introduction à la Physique Moderne

- 1.1. Introduction à la physique médicale
 - 1.1.1. Comment appliquer la physique à la médecine
 - 1.1.2. Énergie des particules chargées dans les tissus
 - 1.1.3. Photons à travers les tissus
 - 1.1.4. Applications
- 1.2. Introduction à la physique des particules
 - 1.1.1. Introduction et objectifs
 - 1.1.2. Particules quantifiées
 - 1.1.3. Forces et charges fondamentales
 - 1.1.4. Détection des particules
 - 1.1.5. Classification des particules fondamentales et modèle standard
 - 1.1.6. Au-delà du modèle standard
 - 1.1.7. Théories actuelles de la généralisation
 - 1.1.8. Expériences à haute énergie
- 1.3. Les accélérateurs de particules
 - 1.3.1. Procédés des accélérateurs de particules
 - 1.3.2. Accélérateurs linéaires
 - 1.3.3. Cyclotrons
 - 1.3.4. Synchrotrons
- 1.4. Introduction à la physique nucléaire
 - 1.4.1. Stabilité nucléaire
 - 1.4.2. Nouvelles méthodes de fission nucléaire
 - 1.4.3. Fusion nucléaire
 - 1.4.4. Synthèse des éléments superlourds
- 1.5. Introduction à l'astrophysique
 - 1.5.1. Le système solaire
 - 1.5.2. Naissance et mort d'une étoile
 - 1.5.3. L'exploration de l'espace
 - 1.5.4. Exoplanètes
- 1.6. Introduction à la cosmologie
 - 1.6.1. Calcul des distances en astronomie
 - 1.6.2. Calcul des vitesses en astronomie
 - 1.6.3. Matière et énergie noires
 - 1.6.4. L'expansion de l'univers
 - 1.6.5. Ondes gravitationnelles
- 1.7. Géophysique et physique de l'atmosphère
 - 1.7.1. Géophysique
 - 1.7.2. Physique de l'atmosphère
 - 1.7.3. Météorologie
 - 1.7.4. Changement climatique
- 1.8. Introduction à la physique de la matière condensée
 - 1.8.1. États agrégés de la matière
 - 1.8.2. Allotropes de la matière
 - 1.8.3. Solides cristallins
 - 1.8.4. Matière molle
- 1.9. Introduction à l'informatique quantique
 - 1.9.1. Introduction au monde quantique
 - 1.9.2. Qubits
 - 1.9.3. Qubits multiples
 - 1.9.4. Portes logiques
 - 1.9.5. Programmes quantiques
 - 1.9.6. Ordinateurs quantiques
- 1.10. Introduction à la cryptographie quantique
 - 1.10.1. L'information quantique
 - 1.10.2. Information quantique
 - 1.10.3. Chiffrement quantique
 - 1.10.4. Protocoles en cryptographie quantique

Module 2. Méthodes mathématiques

- 2.1. Espaces préhilbertiens
 - 2.1.1. Espaces vectoriels
 - 2.1.2. Produit scalaire hermétique positif
 - 2.1.3. Module d'un vecteur
 - 2.1.4. Inégalité de Schwartz
 - 2.1.5. Inégalité de Minkowsky
 - 2.1.6. Orthogonalité
 - 2.1.7. Notation de Dirac
- 2.2. Topologie des espaces métriques
 - 2.2.1. Définition de la distance
 - 2.2.2. Définition de l'espace métrique
 - 2.2.3. Éléments de la topologie de l'espace métrique
 - 2.2.4. Séquences convergentes
 - 2.2.5. Séquences de Cauchy
 - 2.2.6. Espace métrique complet
- 2.3. Espaces de Hilbert
 - 2.3.1. Espace de Hilbert : définition
 - 2.3.2. Base hilbertienne
 - 2.3.3. Schrödinger contre Heisenberg. Intégrale de Lebesgue
 - 2.3.4. Formes continues d'un espace de Hilbert.
 - 2.3.5. Changement de matrice de base
- 2.4. Opérations linéaires
 - 2.4.1. Opérateurs linéaires : concepts de base
 - 2.4.2. Opérateur inverse
 - 2.4.3. Opérateur adjoint
 - 2.4.4. Opérateur auto-attaché ou observable
 - 2.4.5. Opérateur défini positif
 - 2.4.6. Opérateur anti-unitaire
 - 2.4.7. Opérateur anti-unitaire
 - 2.4.8. Projecteur

- 2.5. Théorie de Sturm-Liouville
 - 2.5.1. Théorèmes des valeurs propres
 - 2.5.2. Théorèmes des vecteurs propres
 - 2.5.3. Problème de Sturm-Liouville
 - 2.5.4. Théorèmes importants pour la théorie de Sturm-Liouville
- 2.6. Introduction à la théorie des groupes
 - 2.6.1. Définition et caractéristiques des groupes
 - 2.6.2. Symétries
 - 2.6.3. Étude des groupes $SO(3)$, $SU(2)$ et $SU(N)$
 - 2.6.4. Algèbre de Lie
 - 2.6.5. Groupes et Physique Quantique
- 2.7. Introduction aux représentations
 - 2.7.1. Définitions
 - 2.7.2. Représentation fondamentale
 - 2.7.3. Représentation adjointe
 - 2.7.4. Représentation unitaire
 - 2.7.5. Produit de représentations
 - 2.7.6. Tables de Young
 - 2.7.7. Théorème d'Okubo
 - 2.7.8. Applications à la physique des particules
- 2.8. Introduction aux tenseurs
 - 2.8.1. Définition du tenseur covariant et contravariant
 - 2.8.2. Delta de Kronecker
 - 2.8.3. Tenseur de Levi-Civita
 - 2.8.4. Étude de $SO(N)$ et $SO(3)$
 - 2.8.5. Étude de $SU(N)$
 - 2.8.6. Relation entre les représentations du tenseur
- 2.9. Théorie des Groupes appliquée à la physique
 - 2.9.1. Groupe de translations
 - 2.9.2. Groupe de Lorentz
 - 2.9.3. Groupes discrets
 - 2.9.4. Groupes continus

- 2.10. Représentations et physique des particules
 - 2.10.1. Représentations des groupes $SU(N)$
 - 2.10.2. Représentations fondamentales
 - 2.10.3. Multiplication de représentations
 - 2.10.4. Théorème d'Okubo et Eightfold Ways

Module 3. Physique Quantique

- 3.1. Origines de la physique quantique
 - 3.1.1. Rayonnement du corps noir
 - 3.1.2. Effet photoélectrique
 - 3.1.3. L'effet Compton
 - 3.1.4. Spectres et modèles atomiques
 - 3.1.5. Le principe d'exclusion de Pauli
 - 3.5.1.1. Effet Zeeman
 - 3.5.1.2. Expérience de Stern-Gerlach
 - 3.1.6. La longueur d'onde de De Broglie et l'expérience de la double fente
- 3.2. Formulation mathématique
 - 3.2.1. Espace de Hilbert
 - 3.2.2. Nomenclature de Dirac : Bra - ket
 - 3.2.3. Produit interne et produit externe
 - 3.2.4. Opérateurs linéaires
 - 3.2.5. Opérateurs hermétiques et diagonalisation
 - 3.2.6. Addition et produit tensoriel
 - 3.2.7. Densité matricielle
- 3.3. Postulats de la mécanique quantique
 - 3.3.1. Postulat 1 : Définition de l'état
 - 3.3.2. Postulat 2 : Définition des Observables
 - 3.3.3. Postulat 3 : Définition des mesures
 - 3.3.4. Postulat 4 : Probabilité des mesures
 - 3.3.5. Postulat 5 : Dynamique

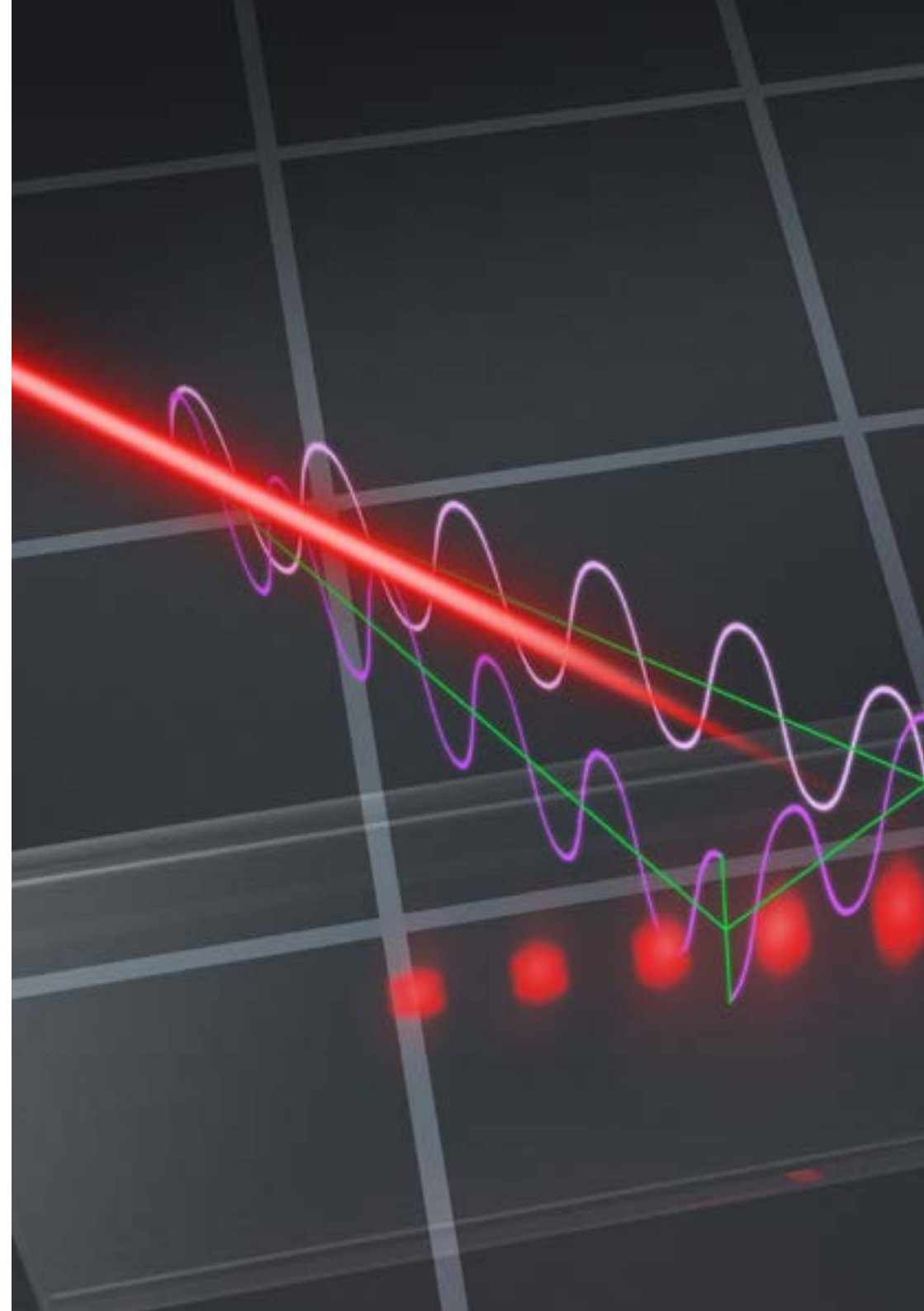
- 3.4. Application des postulats de la mécanique quantique
 - 3.4.1. Probabilité des résultats. Statistiques
 - 3.4.2. L'indétermination
 - 3.4.3. Évolution temporelle des valeurs attendues
 - 3.4.4. Compatibilité et commutation des observables
 - 3.4.5. Matrices de Pauli
- 3.5. Dynamique de la mécanique quantique
 - 3.5.1. Représentation des positions
 - 3.5.2. Représentation du momentum
 - 3.5.3. Équation de Schrödinger
 - 3.5.4. Théorème d'Ehrenfest
 - 3.5.5. Théorème de Virial
- 3.6. Barrières de potentiel
 - 3.6.1. Puits carré infini
 - 3.6.2. Puits carré fini
 - 3.6.3. Étape potentielle
 - 3.6.4. Potentiel delta
 - 3.6.5. Effet tunnel
 - 3.6.6. Particule libre
- 3.7. Oscillateur harmonique simple quantique unidimensionnel
 - 3.7.1. Analogie avec la mécanique classique
 - 3.7.2. Hamiltonien et valeurs propres de l'énergie
 - 3.7.3. Méthode d'analyse
 - 3.7.4. États "flous"
 - 3.7.5. États cohérents
- 3.8. Opérateurs et observables tridimensionnels
 - 3.8.1. Révision des notions de calcul multivariable
 - 3.8.2. Opérateur de position
 - 3.8.3. Opérateur de quantité de mouvement linéaire
 - 3.8.4. Moment angulaire orbital
 - 3.8.5. Opérateurs en échelle
 - 3.8.6. Hamiltonien

- 3.9. Valeurs propres et fonctions propres tridimensionnelles
 - 3.9.1. Opérateur de position
 - 3.9.2. Opérateur de quantité de mouvement linéaire
 - 3.9.3. Opérateur moment cinétique orbital et Harmoniques Sphériques
 - 3.9.4. Équation angulaire
- 3.10. Barrières de potentiel tridimensionnelles
 - 3.10.1. Particule libre
 - 3.10.2. Particule dans une boîte
 - 3.10.3. Potentiels centraux et équation radiale
 - 3.10.4. Puits sphérique infini
 - 3.10.5. Atome d'Hydrogène
 - 3.10.6. Oscillateur harmonique tridimensionnel

Module 4. Astrophysique

- 4.1. Introduction
 - 4.1.1. Brève histoire de l'astrophysique
 - 4.1.2. Instrumentation
 - 4.1.3. Échelle des magnitudes d'observation
 - 4.1.4. Le calcul des distances astronomiques
 - 4.1.5. L'indice de couleur
- 4.2. Les raies spectrales
 - 4.2.1. Introduction historique
 - 4.2.2. Les lois de Kirchhoff
 - 4.2.3. Relation entre le spectre et la température
 - 4.2.4. L'effet Doppler
 - 4.2.5. Spectrographe
- 4.3. Étude du champ de rayonnement
 - 4.3.1. Définitions préliminaires
 - 4.3.2. Opacité
 - 4.3.3. Profondeur optique
 - 4.3.4. Sources microscopiques d'opacité
 - 4.3.5. Opacité totale
 - 4.3.6. Extinction
 - 4.3.7. Structure des raies spectrales

- 4.4. Étoiles
 - 4.4.1. Classification des étoiles
 - 4.4.2. Méthodes de détermination de la masse d'une étoile
 - 4.4.3. Les étoiles binaires
 - 4.4.4. Classification des étoiles binaires
 - 4.4.5. Détermination des masses d'un système binaire
- 4.5. Durée de vie des étoiles
 - 4.5.1. Caractéristiques d'une étoile
 - 4.5.2. Naissance d'une étoile
 - 4.5.3. Vie d'une étoile. Diagrammes de Hertzsprung-Russell
 - 4.5.4. La mort d'une étoile
- 4.6. La mort des étoiles
 - 4.6.1. Les naines blanches
 - 4.6.2. Supernovae
 - 4.6.3. Les étoiles à neutrons
 - 4.6.4. Les trous noirs
- 4.7. Étude de la Voie lactée
 - 4.7.1. Forme et dimensions de la Voie lactée
 - 4.7.2. La matière noire
 - 4.7.3. Le phénomène de lentille gravitationnelle
 - 4.7.4. Les particules massives en interaction faible
 - 4.7.5. Le disque et le halo de la Voie lactée
 - 4.7.6. Structure spiralée de la Voie lactée
- 4.8. Les amas de galaxies
 - 4.8.1. Introduction
 - 4.8.2. Classification des galaxies
 - 4.8.3. Photométrie galactique
 - 4.8.4. Le Groupe Local : introduction
- 4.9. La distribution des galaxies à grande échelle
 - 4.9.1. Forme et âge de l'Univers
 - 4.9.2. Modèle cosmologique standard
 - 4.9.3. Formation des structures cosmologiques
 - 4.9.4. Méthodes d'observation en cosmologie



- 4.10. Matière noire et énergies sombres
 - 4.10.1. Découverte et caractéristiques
 - 4.10.2. Implications pour la distribution de la matière ordinaire
 - 4.10.3. Problèmes liés à la matière noire
 - 4.10.4. Particules candidates à la matière noire
 - 4.10.5. L'énergie noire, ses conséquences

Module 5. Physique quantique II

- 5.1. Descriptions de la mécanique quantique : Images ou représentations
 - 5.1.1. L'image de Schrödinger
 - 5.1.2. Image d'Heisenberg
 - 5.1.3. Image de Dirac ou d'interaction
 - 5.1.4. Changement d'image
- 5.2. Oscillateur harmonique
 - 5.2.1. Opérateurs de création et d'annihilation
 - 5.2.2. Fonctions d'onde des états de Fock
 - 5.2.3. États cohérents
 - 5.2.4. États de moindre indétermination
 - 5.2.5. États "serrés"
- 5.3. Moment angulaire
 - 5.3.1. Rotations
 - 5.3.2. Commutateurs de moment cinétique
 - 5.3.3. Base de moment angulaire
 - 5.3.4. Opérateurs d'échelle
 - 5.3.5. Représentation matricielle
 - 5.3.6. Moment angulaire intrinsèque : Spin
 - 5.3.7. Cas des Spins : $1/2$, 1 , $3/2$
- 5.4. Fonctions d'onde à plusieurs composantes : spinorials
 - 5.4.1. Fonctions d'onde à une composante : spin 0
 - 5.4.2. Fonctions d'onde à deux composantes : spin $1/2$
 - 5.4.3. Valeurs attendues de l'observable du spin
 - 5.4.4. États atomiques
 - 5.4.5. Addition du moment angulaire
 - 5.4.6. Coefficients de Clebsch-Gordan

- 5.5. Étude des systèmes composites
 - 5.5.1. Particules distinguables
 - 5.5.2. Particules indiscernables
 - 5.5.3. Cas des photons : Expérience du miroir semi-transparent
 - 5.5.4. Intrication quantique
 - 5.5.5. Inégalités de Bell
 - 5.5.6. Paradoxe EPR
 - 5.5.7. Théorème de Bell
- 5.6. Introduction aux méthodes approchées : méthode variationnelle
 - 5.6.1. Introduction à la méthode variationnelle
 - 5.6.2. Variations linéaires
 - 5.6.3. Méthode variationnelle de Rayleigh-Ritz
 - 5.6.4. Oscillateur harmonique : étude par les méthodes variationnelles
- 5.7. Étude de modèles atomiques par la méthode variationnelle
 - 5.7.1. Atome d'hydrogène
 - 5.7.2. Atome d'Hélium
 - 5.7.3. Molécule d'hydrogène ionisée
 - 5.7.4. Symétries discrètes
 - 5.7.4.1. Parité
 - 5.7.4.2. Inversion temporelle
- 5.8. Introduction à la théorie des perturbations
 - 5.8.1. Perturbations indépendantes du temps
 - 5.8.2. Cas non dégénéré
 - 5.8.3. Cas dégénéré
 - 5.8.4. Structure fine de l'atome d'hydrogène
 - 5.8.5. Effet Zeeman
 - 5.8.6. Constante de couplage spin-spin. Structure hyperfine
 - 5.8.7. Théorie des perturbations en fonction du temps
 - 5.8.7.1. Atome à deux niveaux
 - 5.8.7.2. Perturbations sinusoïdales

- 5.9. Approximation adiabatique
 - 5.9.1. Introduction à l'approximation adiabatique
 - 5.9.2. Le théorème adiabatique
 - 5.9.3. La phase de Berry
 - 5.9.4. L'effet Aharonov-Bohm
- 5.10. Approximation de Wentzel-Kramers-Brillouin (WKB)
 - 5.10.1. Introduction à la méthode WKB
 - 5.10.2. Région classique
 - 5.10.3. Effet tunnel
 - 5.10.4. Formules de connexion

Module 6. Physique nucléaire et physique des particules

- 6.1. Introduction à la physique nucléaire
 - 6.1.1. Tableau périodique des éléments
 - 6.1.2. Découvertes importantes
 - 6.1.3. Les modèles atomiques
 - 6.1.4. Définitions importantes. Échelles et unités en physique nucléaire
 - 6.1.5. Diagramme de Segré
- 6.2. Propriétés nucléaires
 - 6.2.1. Énergie de liaison
 - 6.2.2. Formule de masse semi-empirique
 - 6.2.3. Modèle du gaz de Fermi
 - 6.2.4. Stabilité nucléaire
 - 6.2.4.1. La désintégration alpha
 - 6.2.4.2. Décroissance bêta
 - 6.2.4.3. Fission nucléaire
 - 6.2.5. Désexcitation nucléaire
 - 6.2.6. Double désintégration bêta

- 6.3. Dispersion nucléaire
 - 6.3.1. Structure interne : étude de la diffusion
 - 6.3.2. Section efficace
 - 6.3.3. Expérience de Rutherford : section efficace de Rutherford
 - 6.3.4. La section efficace de Mott
 - 6.3.5. Transfert de momentum et facteurs de forme
 - 6.3.6. Distribution de la charge nucléaire
 - 6.3.7. Diffusion des neutrons
- 6.4. Structure nucléaire et interaction forte
 - 6.4.1. Diffusion des nucléons
 - 6.4.2. États limites. Deutérium
 - 6.4.3. Interaction nucléaire forte
 - 6.4.4. Les nombres magiques
 - 6.4.5. Le modèle en couches du noyau
 - 6.4.6. Le spin et la parité nucléaires
 - 6.4.7. Moments électromagnétiques du noyau
 - 6.4.8. Excitations nucléaires collectives : oscillations dipolaires, états vibrationnels et états rotationnels
- 6.5. Structure nucléaire et interaction forte II
 - 6.5.1. Classification des réactions nucléaires
 - 6.5.2. Cinématique des réactions
 - 6.5.3. Lois de conservation
 - 6.5.4. Spectroscopie nucléaire
 - 6.5.5. Le modèle du noyau composé
 - 6.5.6. Les réactions directes
 - 6.5.7. La diffusion élastique
- 6.6. Introduction à la physique des particules
 - 6.6.1. Particules et antiparticules
 - 6.6.2. Fermions et baryons
 - 6.6.3. Le Modèle Standard des particules élémentaires : leptons et quarks
 - 6.6.4. Le Modèle des Quarks
 - 6.6.5. Les bosons vectoriels intermédiaires
- 6.7. Dynamique des particules élémentaires
 - 6.7.1. Les quatre interactions fondamentales
 - 6.7.2. L'électrodynamique quantique
 - 6.7.3. La chromodynamique quantique
 - 6.7.4. Interaction faible
 - 6.7.5. Désintégrations et lois de conservation
- 6.8. Cinématique relativiste
 - 6.8.1. Transformations de Lorentz
 - 6.8.2. Quadri-vecteurs
 - 6.8.3. Énergie et quantité de mouvement linéaire
 - 6.8.4. Collisions
 - 6.8.5. Introduction aux diagrammes de Feynman
- 6.9. Symétries
 - 6.9.1. Groupes, symétries et lois de conservation
 - 6.9.2. Spin et moment angulaire
 - 6.9.3. Addition du moment cinétique
 - 6.9.4. Symétries de saveur
 - 6.9.5. Parité
 - 6.9.6. Conjugaison de charges
 - 6.9.7. Violation de la CP
 - 6.9.8. Inversion du temps
 - 6.9.9. Préservation du CPT
- 6.10. États liés
 - 6.10.1. Équation de Schrödinger pour les potentiels centraux
 - 6.10.2. Atome d'hydrogène
 - 6.10.3. Structure fine
 - 6.10.4. Structure Hyperfine
 - 6.10.5. Positronium
 - 6.10.6. Quarkonium
 - 6.10.7. Mésons légers
 - 6.10.8. Baryons

Module 7. Théorie quantique des champs

- 7.1. Théorie classique des champs
 - 7.1.1. Notation et conventions
 - 7.1.2. Formulation lagrangienne
 - 7.1.3. Équations d'Euler Lagrange
 - 7.1.4. Symétries et lois de conservation
- 7.2. Champ de Klein-Gordon
 - 7.2.1. Équation de Klein-Gordon
 - 7.2.2. Quantification du champ de Klein-Gordon
 - 7.2.3. Invariance de Lorentz du champ de Klein-Gordon
 - 7.2.4. Le vide. États du vide et états de Fock
 - 7.2.5. Énergie du vide
 - 7.2.6. Ordre Normal : convention
 - 7.2.7. Énergie et quantité de mouvement des états
 - 7.2.8. Étude de la causalité
 - 7.2.9. Propagateur de Klein-Gordon
- 7.3. Champ de Dirac
 - 7.3.1. Équation de Dirac
 - 7.3.2. Matrices de Dirac et leurs propriétés
 - 7.3.3. Représentations des matrices de Dirac
 - 7.3.4. Lagrangien de Dirac
 - 7.3.5. Solution de l'équation de Dirac : ondes planes
 - 7.3.6. Interrupteurs et anti-interrupteurs
 - 7.3.7. Quantification du champ de Dirac
 - 7.3.8. Espace de Fock
 - 7.3.9. Propagateur de Dirac
- 7.4. Champ Électromagnétique
 - 7.4.1. Théorie classique du champ électromagnétique
 - 7.4.2. Quantification du champ électromagnétique et ses problèmes
 - 7.4.3. Espace de Fock
 - 7.4.4. Le formalisme de Gupta-Bleuler
 - 7.4.5. Propagateur de photons
- 7.5. Formalisme de la matrice S
 - 7.5.1. Lagrangien et hamiltonien d'interaction
 - 7.5.2. Matrice S : définition et propriétés
 - 7.5.3. Dilatation de Dyson
 - 7.5.4. Théorème de Wick
 - 7.5.5. Image de Dirac
- 7.6. Diagrammes de Feynman dans l'espace de position
 - 7.6.1. Comment dessiner les diagrammes de Feynman. Normes. Utilités
 - 7.6.2. Premier ordre
 - 7.6.3. Deuxième ordre
 - 7.6.4. Processus de dispersion à deux particules
- 7.7. Règles de Feynman
 - 7.7.1. Normalisation des états dans l'espace de Fock
 - 7.7.2. Amplitude de Feynman
 - 7.7.3. Règles de Feynman pour la QED
 - 7.7.4. Invariance de jauge dans les amplitudes
 - 7.7.5. Exemples
- 7.8. Section transversale et taux de désintégration
 - 7.8.1. Définition de la section transversale
 - 7.8.2. Définition de la coupe de désintégration
 - 7.8.3. Exemples avec deux corps dans l'état final
 - 7.8.4. Section transversale non polarisée
 - 7.8.5. Somme sur la polarisation du fermion
 - 7.8.6. Somme sur la polarisation des photons
 - 7.8.7. Exemples
- 7.9. Étude des muons et autres particules chargées
 - 7.9.1. Muons
 - 7.9.2. Particules chargées
 - 7.9.3. Particules scalaires chargées
 - 7.9.4. Règles de Feynman pour la théorie de l'électrodynamique quantique scalaire

- 7.10. Symétries
 - 7.10.1. Parité
 - 7.10.2. Conjugaison de charges
 - 7.10.3. Inversion du temps
 - 7.10.4. Violation de certaines symétries
 - 7.10.5. Symétrie CPT

Module 8. Relativité générale et cosmologie

- 8.1. La relativité restreinte
 - 8.1.1. Postulats
 - 8.1.2. Transformations de Lorentz en configuration standard
 - 8.1.3. Renforcements
 - 8.1.4. Tenseurs
 - 8.1.5. Cinématique relativiste
 - 8.1.6. Momentum linéaire et énergie relativistes
 - 8.1.7. Covariance de Lorentz
 - 8.1.8. Tenseur de quantité de mouvement et d'énergie
- 8.2. Principe d'équivalence
 - 8.2.1. Principe d'équivalence faible
 - 8.2.2. Expériences sur le Principe d'équivalence faible
 - 8.2.3. Référentiels à inertie locale
 - 8.2.4. Principe d'équivalence
 - 8.2.5. Conséquences du principe d'équivalence
- 8.3. Mouvement des particules dans les champs gravitationnels
 - 8.3.1. Limite newtonienne
 - 8.3.2. Limite newtonienne
 - 8.3.3. Redshift gravitationnel et tests
 - 8.3.4. Dilatation du temps
 - 8.3.5. Équation géodésique

- 8.4. Géométrie : Concepts nécessaires
 - 8.4.1. Espaces à deux dimensions
 - 8.4.2. Champs Scalaires, vectoriels et tensoriels
 - 8.4.3. Tenseur métrique : concept et théorie
 - 8.4.4. Dérivée partielle
 - 8.4.5. Dérivée covariante
 - 8.4.6. Symboles de Christoffel
 - 8.4.7. Dérivées covariantes et tenseurs
 - 8.4.8. Dérivées covariantes directionnelles
 - 8.4.9. Divergence et Laplacien
- 8.5. Espace-temps courbe
 - 8.5.1. Dérivée covariante et transport parallèle : définition
 - 8.5.2. Géodésiques du transport parallèle
 - 8.5.3. Tenseur de courbure riemannien
 - 8.5.4. Tenseur riemannien : définition et propriétés
 - 8.5.5. Tenseur de Ricci : définition et propriétés
- 8.6. Équations d'Einstein : Référence
 - 8.6.1. Reformulation du principe d'équivalence
 - 8.6.2. Applications du principe d'équivalence
 - 8.6.3. Conservation et symétries
 - 8.6.4. Dérivation des équations d'Einstein à partir du principe d'équivalence
- 8.7. Solution de Schwarzschild
 - 8.7.1. Métrique de Schwarzschild
 - 8.7.2. Éléments de Longueur et de Temps
 - 8.7.3. Quantités conservées
 - 8.7.4. Équation du mouvement
 - 8.7.5. Théorie de la lumière. Étude dans la métrique de Schwarzschild
 - 8.7.6. Rayon de Schwarzschild
 - 8.7.7. Coordonnées d'Eddington–Finkelstein
 - 8.7.8. Les trous noirs

- 8.8. Limite de la gravité linéaire. Conséquences
 - 8.8.1. Gravité linéaire : introduction
 - 8.8.2. Transformation des coordonnées
 - 8.8.3. Équations d'Einstein linéarisées
 - 8.8.4. Solution générale des Équations d'Einstein linéarisées
 - 8.8.5. Ondes gravitationnelles
 - 8.8.6. Effets des ondes gravitationnelles sur la matière
 - 8.8.7. Génération d'ondes gravitationnelles
- 8.9. Cosmologie : Introduction
 - 8.9.1. Observation de l'Univers : Introduction
 - 8.9.2. Principe cosmologique
 - 8.9.3. Systèmes de coordonnées
 - 8.9.4. Distances cosmologiques
 - 8.9.5. La loi de Hubble
 - 8.9.6. Inflation
- 8.10. Cosmologie : Étude mathématique
 - 8.10.1. Première équation de Friedmann
 - 8.10.2. Deuxième équation de Friedmann
 - 8.10.3. Densités et facteur d'échelle
 - 8.10.4. Conséquences des équations de Friedmann. Courbure de l'univers
 - 8.10.5. Thermodynamique de l'Univers primitif

Module 9. Physique des hautes énergies

- 9.1. Méthodes mathématiques Groupes et représentations
 - 9.1.1. Théorie des groupes
 - 9.1.2. Groupes $SO(3)$, $SU(2)$ et $SU(3)$ et $SU(N)$
 - 9.1.3. Algèbre de Lie
 - 9.1.4. Représentations
 - 9.1.5. Multiplication de représentations





- 9.2. Symétries
 - 9.2.1. Symétries et lois de conservation
 - 9.2.2. Symétries C, P, T
 - 9.2.3. Violation des symétries et conservation de la CPT
 - 9.2.4. Moment angulaire
 - 9.2.5. Addition du moment angulaire
- 9.3. Calcul de Feynman : Introduction
 - 9.3.1. Temps de demi-vie
 - 9.3.2. Coupe transversale
 - 9.3.3. Règle d'Or de Fermi pour les désintégrations
 - 9.3.4. Règle d'Or de Fermi pour les dispersions
 - 9.3.5. Diffusion à deux corps dans le référentiel du centre de masse
- 9.4. Application du calcul de Feynman : Modèle Jouet
 - 9.4.1. Modèle de Jouet : introduction
 - 9.4.2. Règles de Feynman
 - 9.4.3. Temps de demi-vie
 - 9.4.4. Dispersion
 - 9.4.5. Diagrammes d'ordre supérieur
- 9.5. L'électrodynamique quantique
 - 9.5.1. Équation de Dirac
 - 9.5.2. Solutions de l'équation de Dirac
 - 9.5.3. Covariants bilinéaires
 - 9.5.4. Le photon
 - 9.5.5. Règles de Feynman pour l'Électrodynamique quantique
 - 9.5.6. Le tour de Casimir
 - 9.5.7. Renormalisation
- 9.6. Électrodynamique et chromodynamique des Quarks
 - 9.6.1. Règles de Feynman
 - 9.6.2. Production de hadrons dans les collisions électron-positon
 - 9.6.3. Règles de Feynman pour la Chromodynamique
 - 9.6.4. Facteurs de couleur
 - 9.6.5. Interaction quarks-antiquarks
 - 9.6.6. Interaction quark-quark
 - 9.6.7. Annihilation de paires en chromodynamique quantique

- 9.7. Interaction faible
 - 9.7.1. Interaction faible chargée
 - 9.7.2. Règles de Feynman
 - 9.7.3. La désintégration du muon
 - 9.7.4. La désintégration des neutrons
 - 9.7.5. La désintégration des pions
 - 9.7.6. Interaction faible entre quarks
 - 9.7.7. Interaction faible neutre
 - 9.7.8. Unification électrofaible
- 9.8. Théories de jauge
 - 9.8.1. Invariance de jauge locale
 - 9.8.2. Théorie de Yang-Millis
 - 9.8.3. Chromodynamique quantique
 - 9.8.4. Règles de Feynman
 - 9.8.5. Terme de masse
 - 9.8.6. Rupture spontanée de symétrie
 - 9.8.7. Mécanisme de Higgs
- 9.9. L'oscillation des neutrinos
 - 9.9.1. Le problème des neutrinos solaires
 - 9.9.2. Les oscillations de neutrinos
 - 9.9.3. Les masses des neutrinos
 - 9.9.4. Matrice de mélange
- 9.10. Sujets avancés. Brève introduction
 - 9.10.1. Le boson de Higgs
 - 9.10.2. Grande Unification
 - 9.10.3. Asymétrie matière-antimatière
 - 9.10.4. Supersymétrie, cordes et dimensions supplémentaires
 - 9.10.5. Matière noire et énergie noire

Module 10. Information et informatique quantique

- 10.1. Introduction : Mathématiques et quantique
 - 10.1.1. Espaces vectoriels complexes
 - 10.1.2. Opérateurs linéaires
 - 10.1.3. Produit scalaire et espaces de Hilbert
 - 10.1.4. Diagonalisation
 - 10.1.5. Produit tensoriel
 - 10.1.6. Fonctions d'opérateur
 - 10.1.7. Théorèmes importants sur les opérateurs
 - 10.1.8. Postulats de la mécanique quantique revisités
- 10.2. États et échantillons statistiques
 - 10.2.1. Le qubit
 - 10.2.2. La matrice de densité
 - 10.2.3. Les systèmes bipartites
 - 10.2.4. La décomposition de Schmidt
 - 10.2.5. Interprétation statistique des états mixtes
- 10.3. Mesures et Évolution Temporelle
 - 10.3.1. Mesures de von Neumann
 - 10.3.2. Mesures généralisées
 - 10.3.3. Théorème de Neumark
 - 10.3.4. Les canaux quantiques
- 10.4. L'intrication et ses applications
 - 10.4.1. Les états EPR
 - 10.4.2. Codage dense
 - 10.4.3. Téléportation d'états
 - 10.4.4. Matrice de densité et ses représentations

- 10.5. Information classique et quantique
 - 10.5.1. Introduction aux probabilités
 - 10.5.2. Information
 - 10.5.3. Entropie de Shannon et information mutuelle
 - 10.5.4. Communication
 - 10.5.4.1. Le canal binaire symétrique
 - 10.5.4.2. Capacité d'un canal
 - 10.5.5. Théorèmes de Shannon.
 - 10.5.6. Différence entre information classique et information quantique
 - 10.5.7. Entropie de von Neumann
 - 10.5.8. Théorème de Schumacher
 - 10.5.9. L'information de Holevo
 - 10.5.10. Information accessible et limite de Holevo
- 10.6. L'informatique quantique
 - 10.6.1. Machines de Turing
 - 10.6.2. Circuits et classification de la complexité
 - 10.6.3. L'ordinateur quantique
 - 10.6.4. Portes logiques quantiques
 - 10.6.5. Algorithmes de Deutsch-Josza et de Simon
 - 10.6.6. Recherche non structurée : l'algorithme de Grover
 - 10.6.7. Méthode de chiffrement RSA
 - 10.6.8. Factorisation : algorithme de Shor
- 10.7. Théorie semi-classique de l'interaction lumière-matière
 - 10.7.1. L'atome à deux niveaux
 - 10.7.2. Le dédoublement AC-Stark
 - 10.7.3. Les oscillations de Rabi
 - 10.7.4. La force dipolaire de la lumière
- 10.8. Théorie Quantique de l'interaction Lumière-Matière
 - 10.8.1. États du champ électromagnétique quantique
 - 10.8.2. Le modèle de Jaynes-Cummings
 - 10.8.3. Le problème de la décohérence
 - 10.8.4. Traitement de l'émission spontanée par Weisskopf-Wigner

- 10.9. Communication Quantique
 - 10.9.1. Cryptographie quantique : protocoles BB84 et Ekert91
 - 10.9.2. Inégalités de Bell
 - 10.9.3. Génération de photons uniques
 - 10.9.4. Propagation d'un photon unique
 - 10.9.5. Détection de photons uniques
- 10.10. Calcul et simulation quantiques
 - 10.10.1. Atomes neutres dans des pièges dipolaires
 - 10.10.2. Électrodynamique Quantique des Cavités
 - 10.10.3. Ions dans les pièges de Paul
 - 10.10.4. Cubes supraconducteurs



Maîtrisez les concepts clés de la physique atmosphérique, de la météorologie et leur lien avec le changement climatique”

04

Objectifs pédagogiques

Ce programme universitaire de TECH est conçu pour fournir aux ingénieurs et aux spécialistes en sciences physiques les connaissances les plus avancées en Physique Quantique. À cette fin, le programme couvre les fondements de la mécanique quantique jusqu'aux dernières avancées en théorie quantique des champs, en informatique quantique et en cosmologie. Les étudiants pourront maîtriser les concepts et les outils qui expliquent l'univers à l'échelle subatomique et cosmologique, avec une base mathématique solide. Ainsi, les objectifs pédagogiques de ce Mastère Spécialisé garantissent que les diplômés développent des compétences en matière d'analyse et de modélisation des phénomènes physiques.



“

Découvrez le comportement des solides cristallins, des matières molles et des états d'agrégation”

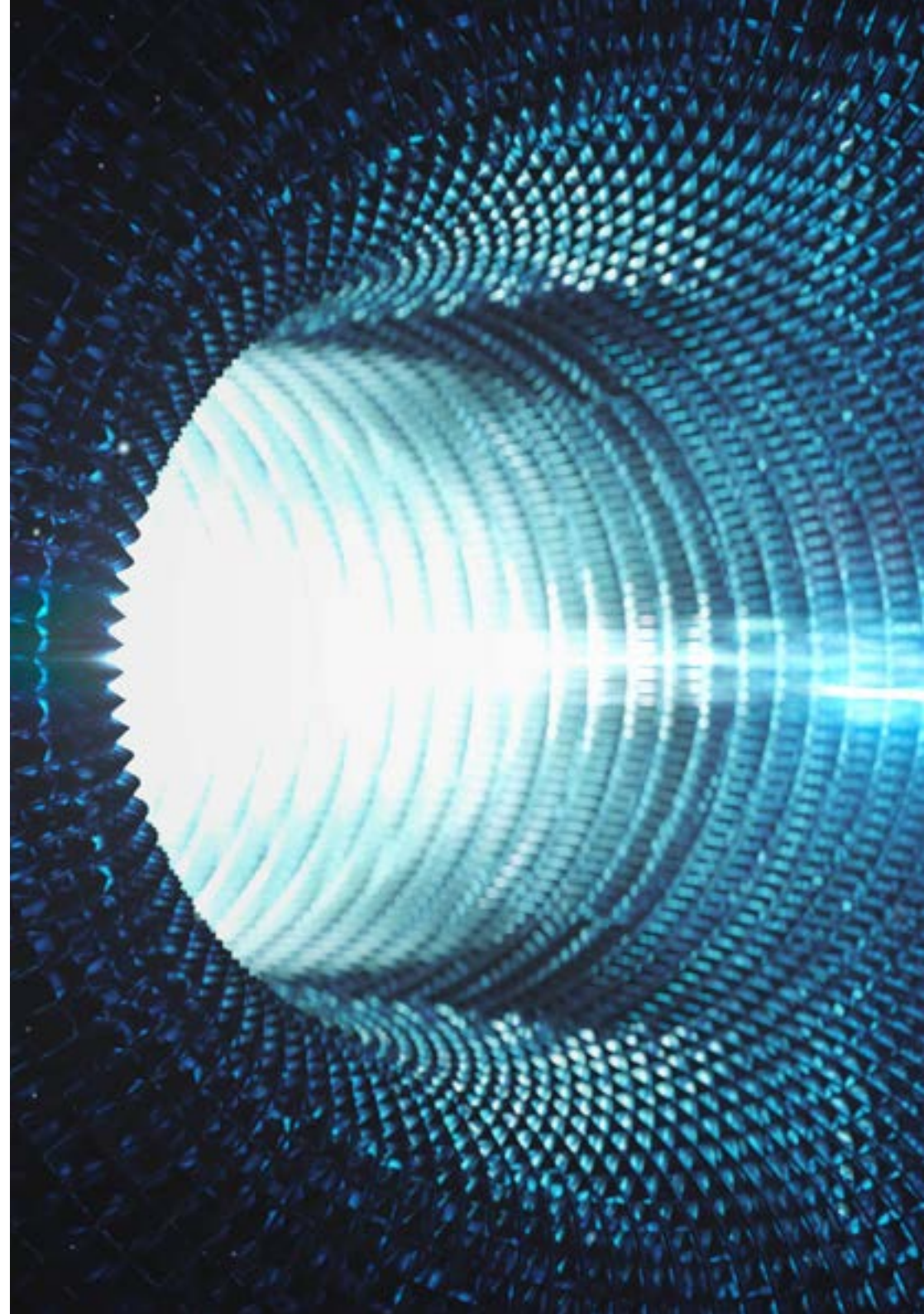


Objectifs généraux

- ♦ Acquérir les notions de base de l'astrophysique.
- ♦ Développer des notions de base sur les diagrammes de Feynman, leur dessin et leurs utilisations
- ♦ Apprendre et appliquer des méthodes approximatives pour étudier les systèmes quantiques.
- ♦ Maîtriser les champs de Klein-Gordon, de Dirac et électromagnétiques.



Apprenez à concevoir des programmes quantiques et à comprendre le fonctionnement des ordinateurs quantiques”





Objectifs spécifiques

Module 1. Introduction à la physique moderne

- ♦ Identifier et évaluer la présence de processus physiques dans la vie quotidienne et dans des scénarios spécifiques ou courants
- ♦ Développer des compétences en communication, afin de rédiger des rapports et des documents, ou d'en faire des présentations efficaces.

Module 2. Méthodes mathématiques

- ♦ Acquérir des connaissances sur les caractéristiques des opérateurs linéaires et la théorie de Surm-Liouville.
- ♦ Connaître la théorie des groupes, la représentation des groupes, le calcul tensoriel et ses applications à la physique

Module 3. Physique quantique I

- ♦ Appliquer les concepts fondamentaux de la physique quantique et leur articulation en lois, théories, etc.
- ♦ Connaître les outils mathématiques caractéristiques de la Physique Quantique pour résoudre des problèmes de Mécanique Quantique

Module 4. Astrophysique

- ♦ Comprendre et utiliser les méthodes mathématiques et numériques couramment utilisées en astrophysique.
- ♦ Se familiariser avec les nouveaux développements et les avancées dans le domaine de l'Astrophysique, tant sur le plan théorique qu'expérimental

Module 5. Physique quantique II

- ♦ Connaître les modèles atomiques avec la méthode variationnelle
- ♦ Maîtriser le moment angulaire intrinsèque
- ♦ Comprendre la théorie des perturbations dépendant du temps
- ♦ Comprendre et savoir appliquer la méthode WKB

Module 6. Physique nucléaire et physique des particules

- ♦ Obtenir des connaissances de base en physique nucléaire et en physique des particules.
- ♦ Distinguer les différents processus de désintégration nucléaire
- ♦ Connaître les diagrammes de Feynman, leur utilisation et savoir les dessiner.
- ♦ Effectuer des calculs de collisions relativistes

Module 7. Théorie quantique des champs

- ♦ Acquérir les notions de base de la théorie quantique des champs.
- ♦ Connaître les principaux problèmes de quantification de certains champs et savoir comment ils sont résolus.

Module 8. Relativité générale et cosmologie

- ♦ Acquérir les notions de base de la relativité générale.
- ♦ Appliquer les connaissances du calcul et de l'algèbre à l'étude de la gravité à l'aide de la théorie de la relativité générale.
- ♦ Acquérir la connaissance des équations d'Einstein sous forme tensorielle.
- ♦ Développer des connaissances de base sur la cosmologie et l'univers primitif

Module 9. Physique des hautes énergies

- ♦ Appliquer les connaissances de la théorie quantique des champs et les mathématiques de la théorie des groupes et des représentations à la physique des particules élémentaires.
- ♦ Connaissance des mécanismes de rupture spontanée de symétrie et du mécanisme de Higgs

Module 10. Information et Informatique Quantique

- ♦ Acquérir les notions de base de l'information classique et quantique
- ♦ Identifier les algorithmes les plus courants pour le cryptage quantique de l'information
- ♦ Atteindre une compréhension de base des théories semi-quantiques et quantiques de l'interaction lumière-matière
- ♦ Connaître les implémentations les plus courantes de l'information quantique

05

Opportunités de carrière

À mesure que cette discipline transforme des secteurs tels que l'informatique, la cryptographie, la médecine ou l'intelligence artificielle, la demande de profils ayant une formation avancée et des compétences spécialisées augmente. C'est pourquoi ce programme académique ouvre la porte à des opportunités dans des centres de recherche, des entreprises technologiques, des laboratoires d'innovation ou des agences spatiales, entre autres domaines. De plus, grâce à son approche multidisciplinaire, il permet d'appliquer les connaissances acquises à des projets de développement quantique, de modélisation physique ou d'analyse de données complexes. Il s'impose ainsi comme un choix incontournable pour ceux qui souhaitent s'intégrer au cœur de la science et de la technologie du futur.



“

Vous appliquerez les principes quantiques à des contextes réels, participerez à des recherches de pointe et maîtriserez les fondements qui régissent l'univers au niveau subatomique”

Profil des diplômés

Le diplômé de ce Mastère Spécialisé à TECH sera un professionnel possédant une connaissance approfondie de la mécanique quantique, de la théorie quantique des champs et de la relativité générale, capable d'interpréter des phénomènes physiques à l'échelle atomique comme à l'échelle cosmologique. Vous serez capable d'utiliser des méthodes mathématiques complexes pour résoudre des problèmes avancés, de développer des modèles théoriques de particules élémentaires et d'appliquer ces outils dans des simulations et des projets scientifiques ou technologiques. Ce professionnel pourra intégrer des équipes de recherche, participer au développement de technologies émergentes ou poursuivre des études doctorales en physique théorique ou expérimentale.

Grâce à ce parcours académique 100 % en ligne proposé par TECH, vous acquerez les compétences nécessaires pour vous démarquer dans le milieu scientifique le plus exigeant.

- ♦ **Application scientifique dans des contextes réels** : Maîtrise de concepts tels que la supersymétrie, les dimensions supplémentaires et les systèmes quantiques appliqués à la recherche ou à l'enseignement avancé
- ♦ **Raisonnement critique et modélisation mathématique** : Capacité à formuler, analyser et résoudre des problèmes à l'aide de formules mathématiques telles que la méthode variationnelle ou le calcul tensoriel
- ♦ **Simulation et expérimentation quantique** : Capacité à réaliser des simulations de processus physiques complexes et à évaluer leur application pratique dans des laboratoires, des industries ou des institutions académiques
- ♦ **Interdisciplinarité scientifique** : Capacité à collaborer avec des équipes issues de différents domaines de connaissances (ingénierie, mathématiques, technologie ou astronomie) dans le cadre de projets de recherche avancée



À l'issue de ce programme, vous serez en mesure d'utiliser vos connaissances et vos compétences dans les postes suivants :

- 1. Chercheur en Physique Quantique et Astrophysique** : Participant à des projets scientifiques sur la théorie quantique des champs, la mécanique quantique ou l'étude des galaxies, des étoiles et des trous noirs.
- 2. Analyste en Technologies Quantiques** : Professionnel dédié à l'évaluation et au développement de dispositifs quantiques, de capteurs, de l'informatique quantique ou des technologies émergentes.
- 3. Spécialiste en Modèles Mathématiques et Simulation Physique** : Chargé du développement de modèles pour des phénomènes physiques complexes et de simulations appliquées à des environnements industriels ou universitaires.
- 4. Enseignant ou vulgarisateur scientifique en Physique Avancée** : Professeur dans des établissements d'enseignement ou créateur de contenus expliquant des concepts complexes de manière accessible.
- 5. Conseiller en Projets Scientifiques Multidisciplinaires** : Membre d'équipes qui ont besoin de connaissances en physique des particules, en relativité ou en cosmologie pour relever des défis scientifiques ou technologiques.
- 6. Consultant en Innovation Technologique et Scientifique** : Professionnel qui fournit des conseils dans la conception de nouvelles solutions basées sur les principes quantiques et les théories des champs.

“

Vous serez une référence dans l'analyse de phénomènes physiques très complexes, grâce à une vision globale de la Physique Quantique et de sa relation avec l'astrophysique et la relativité”

06

Licences de logiciels incluses

TECH est une référence dans le monde universitaire pour associer les dernières technologies aux méthodologies d'enseignement afin d'améliorer le processus d'enseignement-apprentissage. À cette fin, elle a établi un réseau d'alliances qui lui permet d'avoir accès aux outils logiciels les plus avancés du monde professionnel.



“

Lorsque vous vous inscrirez, vous recevrez, tout à fait gratuitement, les références pour l'utilisation académique des applications logicielles professionnelles suivantes"

TECH a établi un réseau d'alliances professionnelles avec les principaux fournisseurs de logiciels appliqués à différents domaines professionnels. Ces alliances permettent à TECH d'avoir accès à l'utilisation de certaines d'applications informatiques et de licences de software afin de les rapprocher de ses étudiants.

Les licences de logiciels pour un universitaire permettront aux étudiants d'utiliser les applications informatiques les plus avancées dans leur domaine professionnel, afin qu'ils puissent les connaître et apprendre à les maîtriser sans avoir à engager de frais. TECH se chargera de la procédure contractuelle afin que les étudiants puissent les utiliser de manière illimitée pendant la durée de leurs études dans le cadre du programme de Mastère Spécialisé en Physique Quantique, et ce de manière totalement gratuite.

TECH vous donnera un accès gratuit à l'utilisation des applications logicielles suivantes :



Google Career Launchpad

Google Career Launchpad est une solution pour développer des compétences numériques en technologie et en analyse de données. D'une valeur estimée à **5 000 dollars**, il est inclus **gratuitement** dans le programme universitaire de TECH, donnant accès à des laboratoires interactifs et à des certifications reconnues par l'industrie.

Cette plateforme combine la formation technique avec des études de cas, en utilisant des technologies telles que BigQuery et Google AI. Elle offre des environnements simulés pour expérimenter avec des données réelles, ainsi qu'un réseau d'experts pour un accompagnement personnalisé.

Fonctionnalités principales :

- ♦ **Cours spécialisés** : contenu actualisé sur le cloud computing, le machine learning et l'analyse de données
- ♦ **Laboratoires en direct** : pratique avec de vrais outils Google Cloud sans configuration supplémentaire
- ♦ **Certifications intégrées** : préparation aux examens officiels avec validité internationale
- ♦ **Mentorat professionnel** : sessions avec des experts Google et des partenaires technologiques
- ♦ **Projets collaboratifs** : défis basés sur des problèmes réels d'entreprises de premier plan

En conclusion, **Google Career Launchpad** connecte les utilisateurs aux dernières technologies du marché, facilitant leur insertion dans des domaines tels que l'intelligence artificielle et la science des données avec des titres de compétences soutenus par l'industrie.



Ansys

Ansys est un logiciel de simulation d'ingénierie qui modélise des phénomènes physiques tels que les fluides, les structures et l'électromagnétisme. D'une valeur commerciale de **26 400 euros**, il est proposé gratuitement pendant le programme universitaire de TECH, donnant accès à une technologie de pointe pour la conception industrielle.

Cette plateforme se distingue par sa capacité à intégrer l'analyse multi-physique dans un environnement unique. Elle allie la précision scientifique à l'automatisation par le biais d'API, accélérant ainsi l'itération de prototypes complexes dans des secteurs tels que l'aéronautique ou l'énergie.

Fonctionnalités principales :

- ♦ **Simulation multi-physique intégrée** : analyse des structures, des fluides, de l'électromagnétisme et de la thermique dans un environnement unique
- ♦ **Workbench** : plateforme unifiée pour gérer les simulations, automatiser les processus et personnaliser les flux avec Python
- ♦ **Discovery** : prototypage en temps réel avec des simulations accélérées par le GPU
- ♦ **Automatisation** : création de macros et de scripts avec des API en Python, C++ et JavaScript
- ♦ **Haute performance** : Solveurs optimisés pour le CPU/GPU et évolutivité du cloud à la demande

En résumé, **Ansys** est l'outil ultime pour transformer les idées en solutions techniques, offrant puissance, flexibilité et un écosystème de simulation inégalé.



Grâce à TECH, vous pourrez utiliser gratuitement les meilleures applications logicielles dans votre domaine professionnel"

07

Méthodologie d'étude

TECH est la première université au monde à combiner la méthodologie des **case studies** avec **Relearning**, un système d'apprentissage 100 % en ligne basé sur la répétition guidée.

Cette stratégie d'enseignement innovante est conçue pour offrir aux professionnels la possibilité d'actualiser leurs connaissances et de développer leurs compétences de manière intensive et rigoureuse. Un modèle d'apprentissage qui place l'étudiant au centre du processus académique et lui donne le rôle principal, en s'adaptant à ses besoins et en laissant de côté les méthodologies plus conventionnelles.



“

*TECH vous prépare à relever de nouveaux défis
dans des environnements incertains et à réussir
votre carrière”*

L'étudiant : la priorité de tous les programmes de TECH

Dans la méthodologie d'étude de TECH, l'étudiant est le protagoniste absolu. Les outils pédagogiques de chaque programme ont été sélectionnés en tenant compte des exigences de temps, de disponibilité et de rigueur académique que demandent les étudiants d'aujourd'hui et les emplois les plus compétitifs du marché.

Avec le modèle éducatif asynchrone de TECH, c'est l'étudiant qui choisit le temps qu'il consacre à l'étude, la manière dont il décide d'établir ses routines et tout cela dans le confort de l'appareil électronique de son choix. L'étudiant n'a pas besoin d'assister à des cours en direct, auxquels il ne peut souvent pas assister. Les activités d'apprentissage se dérouleront à votre convenance. Vous pouvez toujours décider quand et où étudier.

“

*À TECH, vous n'aurez PAS de cours en direct
(auxquelles vous ne pourrez jamais assister)”*



Les programmes d'études les plus complets au niveau international

TECH se caractérise par l'offre des itinéraires académiques les plus complets dans l'environnement universitaire. Cette exhaustivité est obtenue grâce à la création de programmes d'études qui couvrent non seulement les connaissances essentielles, mais aussi les dernières innovations dans chaque domaine.

Grâce à une mise à jour constante, ces programmes permettent aux étudiants de suivre les évolutions du marché et d'acquérir les compétences les plus appréciées par les employeurs. Ainsi, les diplômés de TECH reçoivent une préparation complète qui leur donne un avantage concurrentiel significatif pour progresser dans leur carrière.

De plus, ils peuvent le faire à partir de n'importe quel appareil, PC, tablette ou smartphone.

“

Le modèle de TECH est asynchrone, de sorte que vous pouvez étudier sur votre PC, votre tablette ou votre smartphone où vous voulez, quand vous voulez et aussi longtemps que vous le voulez”

Case studies ou Méthode des cas

La méthode des cas est le système d'apprentissage le plus utilisé par les meilleures écoles de commerce du monde. Développée en 1912 pour que les étudiants en Droit n'apprennent pas seulement le droit sur la base d'un contenu théorique, sa fonction était également de leur présenter des situations réelles et complexes. De cette manière, ils pouvaient prendre des décisions en connaissance de cause et porter des jugements de valeur sur la manière de les résoudre. En 1924, elle a été établie comme une méthode d'enseignement standard à Harvard.

Avec ce modèle d'enseignement, ce sont les étudiants eux-mêmes qui construisent leurs compétences professionnelles grâce à des stratégies telles que *Learning by doing* ou le *Design Thinking*, utilisées par d'autres institutions renommées telles que Yale ou Stanford.

Cette méthode orientée vers l'action sera appliquée tout au long du parcours académique de l'étudiant avec TECH. Vous serez ainsi confronté à de multiples situations de la vie réelle et devrez intégrer des connaissances, faire des recherches, argumenter et défendre vos idées et vos décisions. Il s'agissait de répondre à la question de savoir comment ils agiraient lorsqu'ils seraient confrontés à des événements spécifiques complexes dans le cadre de leur travail quotidien.



Méthode Relearning

Chez TECH, les *case studies* sont complétées par la meilleure méthode d'enseignement 100 % en ligne : le *Relearning*.

Cette méthode s'écarte des techniques d'enseignement traditionnelles pour placer l'apprenant au centre de l'équation, en lui fournissant le meilleur contenu sous différents formats. De cette façon, il est en mesure de revoir et de répéter les concepts clés de chaque matière et d'apprendre à les appliquer dans un environnement réel.

Dans le même ordre d'idées, et selon de multiples recherches scientifiques, la répétition est le meilleur moyen d'apprendre. C'est pourquoi TECH propose entre 8 et 16 répétitions de chaque concept clé au sein d'une même leçon, présentées d'une manière différente, afin de garantir que les connaissances sont pleinement intégrées au cours du processus d'étude.

Le Relearning vous permettra d'apprendre plus facilement et de manière plus productive tout en développant un esprit critique, en défendant des arguments et en contrastant des opinions : une équation directe vers le succès.



Un Campus Virtuel 100% en ligne avec les meilleures ressources didactiques

Pour appliquer efficacement sa méthodologie, TECH se concentre à fournir aux diplômés du matériel pédagogique sous différents formats : textes, vidéos interactives, illustrations et cartes de connaissances, entre autres. Tous ces supports sont conçus par des enseignants qualifiés qui axent leur travail sur la combinaison de cas réels avec la résolution de situations complexes par la simulation, l'étude de contextes appliqués à chaque carrière professionnelle et l'apprentissage basé sur la répétition, par le biais d'audios, de présentations, d'animations, d'images, etc.

Les dernières données scientifiques dans le domaine des Neurosciences soulignent l'importance de prendre en compte le lieu et le contexte d'accès au contenu avant d'entamer un nouveau processus d'apprentissage. La possibilité d'ajuster ces variables de manière personnalisée aide les gens à se souvenir et à stocker les connaissances dans l'hippocampe pour une rétention à long terme. Il s'agit d'un modèle intitulé *Neurocognitive context-dependent e-learning* qui est sciemment appliqué dans le cadre de ce diplôme universitaire.

D'autre part, toujours dans le but de favoriser au maximum les contacts entre mentors et mentorés, un large éventail de possibilités de communication est offert, en temps réel et en différé (messagerie interne, forums de discussion, service téléphonique, contact par courrier électronique avec le secrétariat technique, chat et vidéoconférence).

De même, ce Campus Virtuel très complet permettra aux étudiants TECH d'organiser leurs horaires d'études en fonction de leurs disponibilités personnelles ou de leurs obligations professionnelles. De cette manière, ils auront un contrôle global des contenus académiques et de leurs outils didactiques, mis en fonction de leur mise à jour professionnelle accélérée.



Le mode d'étude en ligne de ce programme vous permettra d'organiser votre temps et votre rythme d'apprentissage, en l'adaptant à votre emploi du temps"

L'efficacité de la méthode se justifie par quatre réalisations fondamentales :

1. Les étudiants qui suivent cette méthode parviennent non seulement à assimiler les concepts, mais aussi à développer leur capacité mentale au moyen d'exercices pour évaluer des situations réelles et appliquer leurs connaissances.
2. L'apprentissage est solidement traduit en compétences pratiques ce qui permet à l'étudiant de mieux s'intégrer dans le monde réel.
3. L'assimilation des idées et des concepts est rendue plus facile et plus efficace, grâce à l'utilisation de situations issues de la réalité.
4. Le sentiment d'efficacité de l'effort investi devient un stimulus très important pour les étudiants, qui se traduit par un plus grand intérêt pour l'apprentissage et une augmentation du temps passé à travailler sur le cours.

La méthodologie universitaire la mieux évaluée par ses étudiants

Les résultats de ce modèle académique innovant sont visibles dans les niveaux de satisfaction générale des diplômés de TECH.

L'évaluation par les étudiants de la qualité de l'enseignement, de la qualité du matériel, de la structure et des objectifs des cours est excellente. Il n'est pas surprenant que l'institution soit devenue l'université la mieux évaluée par ses étudiants selon l'indice global score, obtenant une note de 4,9 sur 5.

Accédez aux contenus de l'étude depuis n'importe quel appareil disposant d'une connexion Internet (ordinateur, tablette, smartphone) grâce au fait que TECH est à la pointe de la technologie et de l'enseignement.

Vous pourrez apprendre grâce aux avantages offerts par les environnements d'apprentissage simulés et à l'approche de l'apprentissage par observation : le Learning from an expert.

Ainsi, le meilleur matériel pédagogique, minutieusement préparé, sera disponible dans le cadre de ce programme :



Matériel didactique

Tous les contenus didactiques sont créés par les spécialistes qui enseignent les cours. Ils ont été conçus en exclusivité pour le programme afin que le développement didactique soit vraiment spécifique et concret.

Ces contenus sont ensuite appliqués au format audiovisuel afin de mettre en place notre mode de travail en ligne, avec les dernières techniques qui nous permettent de vous offrir une grande qualité dans chacune des pièces que nous mettrons à votre service.



Pratique des aptitudes et des compétences

Vous effectuerez des activités visant à développer des compétences et des aptitudes spécifiques dans chaque domaine. Pratiques et dynamiques permettant d'acquérir et de développer les compétences et les capacités qu'un spécialiste doit acquérir dans le cadre de la mondialisation dans laquelle nous vivons.



Résumés interactifs

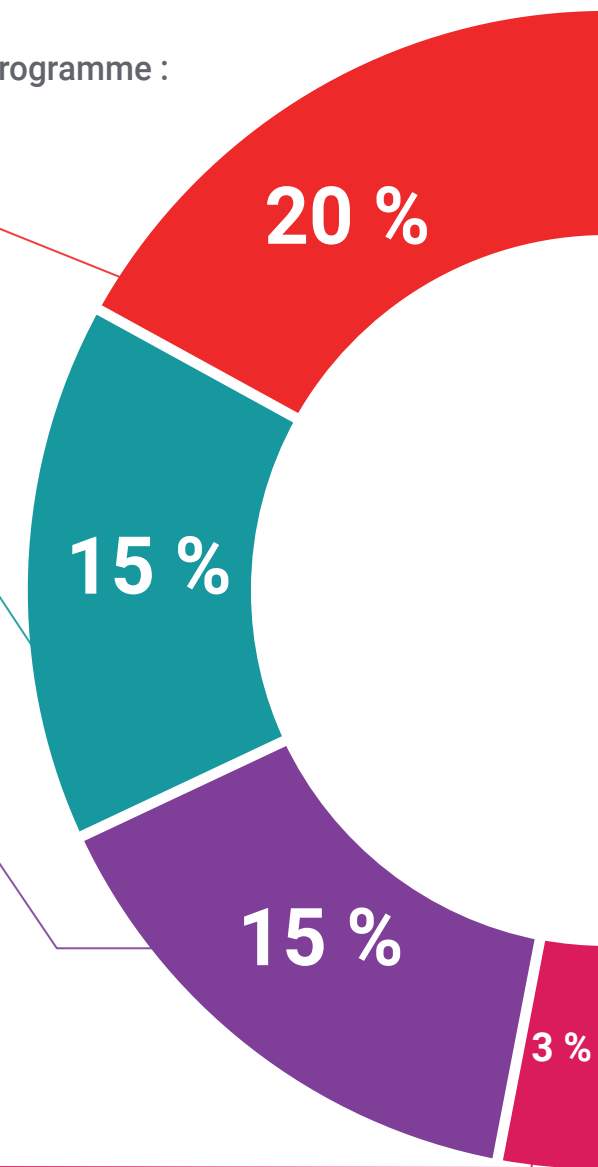
Nous présentons les contenus de manière attrayante et dynamique dans des dossiers multimédias qui incluent de l'audio, des vidéos, des images, des diagrammes et des cartes conceptuelles afin de consolider les connaissances.

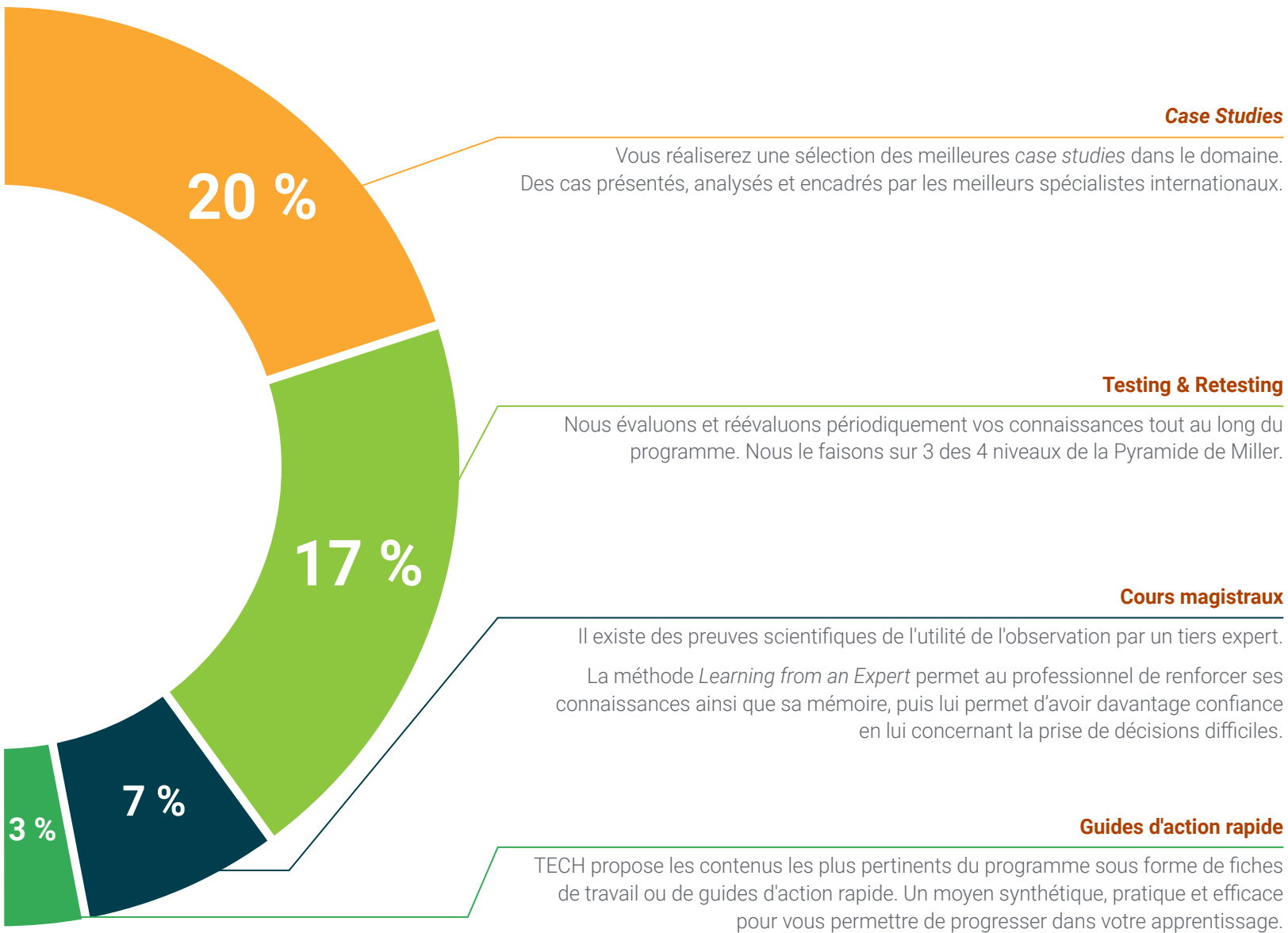
Ce système éducatif unique de présentation de contenu multimédia a été récompensé par Microsoft en tant que "European Success Story".



Lectures complémentaires

Articles récents, documents de consensus, guides internationaux, etc... Dans notre bibliothèque virtuelle, vous aurez accès à tout ce dont vous avez besoin pour compléter votre formation.





08

Corps enseignant

Les professionnels qui dispensent ce programme de TECH sont de véritables références dans le domaine de la Physique Quantique. Ces experts ont accumulé de nombreuses réalisations dans le domaine de la recherche et sont fréquemment cités dans des publications académiques par des scientifiques de la communauté internationale. Grâce à leur expérience pratique et à leurs connaissances théoriques les plus récentes, les membres de cette équipe enseignante ont mis en place un programme complet, idéal pour les physiciens qui souhaitent mettre à jour leurs compétences. Ainsi, grâce à l'accompagnement personnalisé de ce corps professoral, les diplômés acquièrent un niveau de spécialisation très élevé.

“

*Vous suivrez ce programme exclusif sous
la houlette d'experts hautement qualifiés
dans le domaine des innovations en
Physique Quantique”*

Directeur Invité International

Le Docteur Philipp Kammerlander est un expert chevronné en **Physique Quantique**, très estimé parmi les membres de la communauté universitaire internationale. Depuis son arrivée au **Quantum Center** de Zurich en tant que *Public Program Officer*, il a joué un rôle crucial dans la création de **réseaux de collaboration** entre les institutions dédiées à la **science** et à la **technologie quantiques**. Fort de ses résultats avérés, il a pris les fonctions de **Directeur Exécutif** de cette même institution.

Dans le cadre de cette fonction, l'expert a notamment coordonné diverses activités telles que des **ateliers** et des **conférences**, et collaboré avec plusieurs départements de l'Institut Fédéral de Technologie de Zurich (ETH). Ses actions ont également été décisives pour l'**obtention de fonds** et la création de structures internes plus durables qui contribuent au développement rapide des fonctions du centre qu'il représente.

En outre, il aborde des concepts innovants tels que la **théorie de l'information quantique** et son **traitement**. Il a conçu des programmes d'études sur ces thèmes et dirigé leur développement auprès de plus de 200 étudiants. Grâce à son excellence dans ces domaines, il a reçu des distinctions notables telles que le **Golden Owl Award** et le **VMP Assistant Award**, qui soulignent son engagement et ses compétences en matière d'enseignement.

Outre son travail au Quantum Center et à l'ETH Zurich, ce chercheur possède une vaste expérience dans l'industrie technologique. Il a travaillé comme **ingénieur logiciel freelance**, concevant et testant des **applications d'analyse commerciale** basées sur la norme ACTUS pour les **contrats intelligents**. Il a également été consultant chez abaQon AG. Son parcours varié et ses réalisations significatives dans le monde universitaire et industriel soulignent sa polyvalence et son engagement en faveur de l'innovation et de l'éducation dans le domaine de la science quantique.



Dr Kammerlander, Philipp

- Directeur Exécutif du Quantum Center de Zurich, Suisse
- Professeur à l'Institut Fédéral de Technologie de Zurich, Suisse
- Gestionnaire de programmes publics entre différentes institutions suisses
- Ingénieur Logiciel Freelance chez Ariadne Business Analytics AG
- Consultant pour la société abaQon AG
- Doctorat en Physique Théorique et Théorie Quantique de l'Information à l'ETH Zurich
- Master en Physique à l'ETH Zurich

“

Grâce à TECH, vous pourrez apprendre avec les meilleurs professionnels du monde"

09 Diplôme

Le Mastère Spécialisé en Physique Quantique garantit, outre la formation la plus rigoureuse et la plus actualisée, l'accès à un diplôme de Mastère Spécialisé délivré par TECH Global University.



“

*Terminez ce programme avec succès et recevez
votre diplôme sans avoir à vous soucier des
déplacements ou des formalités administratives”*

Ce programme vous permettra d'obtenir votre diplôme propre de **Mastère Spécialisé en Physique Quantique** approuvé par **TECH Global University**, la plus grande Université numérique au monde.

TECH Global University est une Université Européenne Officielle reconnue publiquement par le Gouvernement d'Andorre ([journal officiel](#)). L'Andorre fait partie de l'Espace Européen de l'Enseignement Supérieur (EEES) depuis 2003. L'EEES est une initiative promue par l'Union Européenne qui vise à organiser le cadre international de formation et à harmoniser les systèmes d'enseignement supérieur des pays membres de cet espace. Le projet promeut des valeurs communes, la mise en œuvre d'outils communs et le renforcement de ses mécanismes d'assurance qualité afin d'améliorer la collaboration et la mobilité des étudiants, des chercheurs et des universitaires.


Ce diplôme propre de **TECH Global University**, est un programme européen de formation continue et de mise à jour professionnelle qui garantit l'acquisition de compétences dans son domaine de connaissances, conférant une grande valeur curriculaire à l'étudiant qui réussit le programme.

Diplôme : **Mastère Spécialisé en Physique Quantique**

Modalité : **en ligne**

Durée : **12 mois**

Accréditation : **60 ECTS**




M./Mme _____, titulaire du document d'identité _____
a réussi et obtenu le diplôme de:

Mastère Spécialisé en Physique Quantique

Il s'agit d'un diplôme propre à l'université de 1.800 heures, équivalent à 60 ECTS, dont la date de début est le jj/mm/aaaa et la date de fin le jj/mm/aaaa.

TECH Global University est une université officiellement reconnue par le Gouvernement d'Andorre le 31 janvier 2024, qui appartient à l'Espace Européen de l'Enseignement Supérieur (EEES).

À Andorre-la-Vieille, 28 février 2024



 Dr Pedro Navarro Illana
Recteur


Ce diplôme doit impérativement être accompagné d'un diplôme universitaire reconnu par les autorités compétentes afin d'exercer la profession dans chaque pays. Code Unique TECH: APW0R233 | techitute.com/diplomes

Mastère Spécialisé en Physique Quantique

Types de matière		Credits ECTS
Obligatoire (OB)	60	
Optionnelle (OP)	0	
Stages Externes (ST)	0	
Mémoire du Mastère (MDM)	0	
Total		60

Distribution Générale du Programme d'Études		
Cours	Matière	ECTS Type
1º	Introduction à la physique moderne	6 OB
1º	Méthodes mathématiques	6 OB
1º	Physique quantique I	6 OB
1º	Astrophysique	6 OB
1º	Physique quantique II	6 OB
1º	Physique nucléaire et physique des particules	6 OB
1º	Théorie quantique des champs	6 OB
1º	Relativité générale et cosmologie	6 OB
1º	Physique des hautes énergies	6 OB
1º	Information et Informatique Quantique	6 OB


 Dr Pedro Navarro Illana
Recteur



future
santé confiance personnes
éducation information tuteurs
garantie accréditation enseignement
institutions technologie apprentissage
communauté engagement
service personnalisé innovation
connaissance présent qualité
en ligne formation
développement institutions
classe virtuelle langues



Mastère Spécialisé Physique Quantique

- » Modalité : en ligne
- » Durée : 12 mois
- » Diplôme : TECH Global University
- » Accréditation : 60 ECTS
- » Horaire : à votre rythme
- » Examens : en ligne

Mastère Spécialisé Physique Quantique