

Recherche Fondamentale
Parcours
MATIERE QUANTIQUE

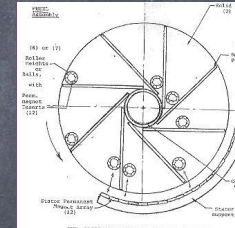
thierry.klein@neel.cnrs.fr

Institut Néel CNRS - 04 76 88 90 64

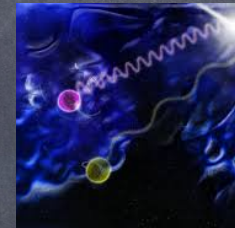
Un petit quizz pour commencer...

VRAI **FAUX**

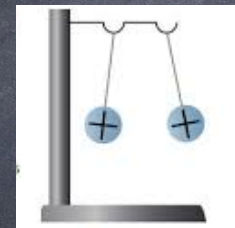
le mouvement perpétuel n'existe pas
(il y a toujours des frottements)



Les photons n'ont pas de masse
(champ électromagnétique)



Les électrons (charges identiques) se
repoussent

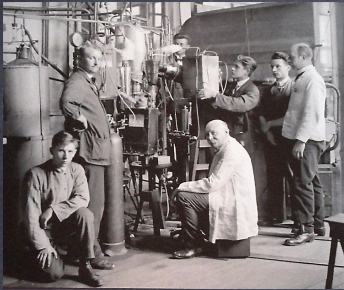


La mécanique quantique ne s'applique pas
aux objets macroscopiques (décohérence)

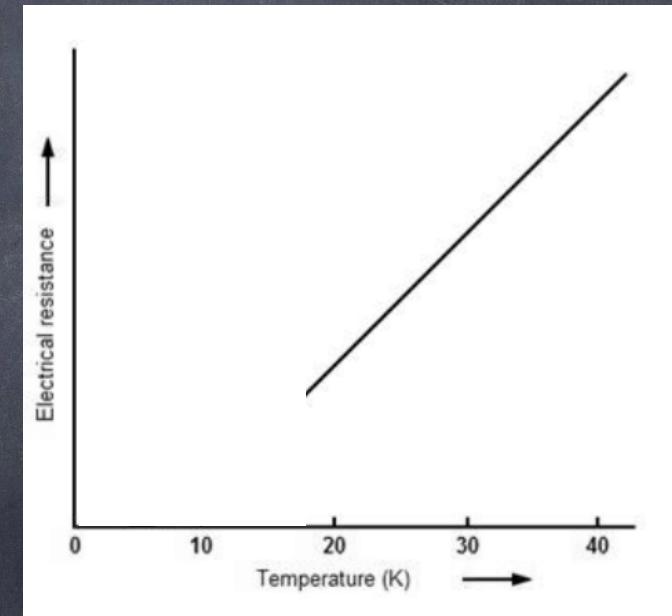


toutes ces affirmations sont fausses dans les **supraconducteurs**

dont l'histoire commence avec la liquéfaction de l'hélium à Leiden en
1908 par le groupe de **Heike Kamerlingh-Onnes** (1853-1926, Prix Nobel 1913)
assisté de Cornelis Dorsman (cryogénie) et son étudiant Gilles Holst* (mesure)



Au début du 20^e siècle la
mécanique quantique est
balbutiante et une question
majeure divise la communauté :
**que devient la résistance
électrique
lorsque T tend vers 0**



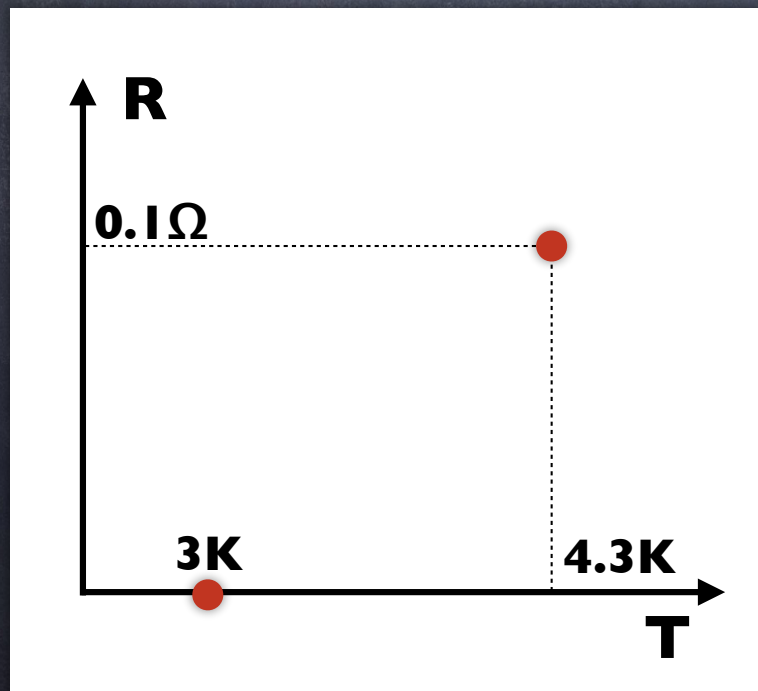
* « oublié » du prix Nobel mais fondateur des laboratoires de recherche de Philips

Le **10 Décembre 1910**, le groupe montre que la résistance électrique de **Pt-B sature** à basse température (option I)

Pour étudier le rôle du désordre (tester l'option III) il décide alors de mesurer un **métal plus pur : le mercure**

Mais avant cela il doit **tester un nouveau dispositif cryogénique**, et une nouvelle expérience est lancée le **8 Avril 1911**

l'échantillon de mercure est néanmoins monté « au cas ou »....



une première mesure de R est effectuée à 4.3K

l'équipe poursuit ces tests et effectue une seconde mesure à 3K pour laquelle Kammerlingh-Onnes note alors sobrement dans son cahier de manip

pratiquement nulle

il venait de faire la première mesure de la **supraconductivité**
sans en mesurer réellement l'importance,
et l'équipe poursuit donc ces tests cryogéniques....

quelques heures plus tard, ils notent
que l'ébullition du bain d'hélium
cesse soudainement vers 2K

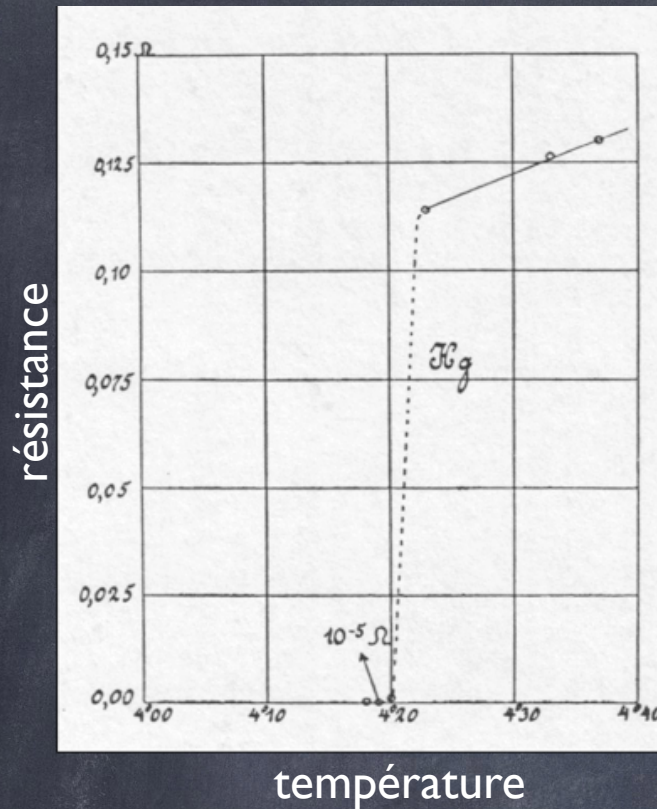
ils venaient d'observer la
transition superfluide de l'hélium



<https://www.youtube.com/watch?v=IRJKnblvbMg>

**Le même jour, ils firent donc non pas une mais
deux découvertes fondamentales !**

..... un peu par hasard



Une nouvelle mesure plus précise est effectuée
le 26 Octobre 1911 et montre que

R chute brutalement à 4.2K
vers une valeur $\sim 10000\times$ plus faible qu'à 4.3K

Mais Kamerlingh-Onnes reste convaincu
que la résistance est non nulle...

Mais aujourd'hui on a pu montrer que

$\rho < 10^{-22} \Omega\text{cm}$ (cuivre $\sim 10^{-9} \Omega\text{cm}$)

et (même si c'est impossible à prouver expérimentalement)

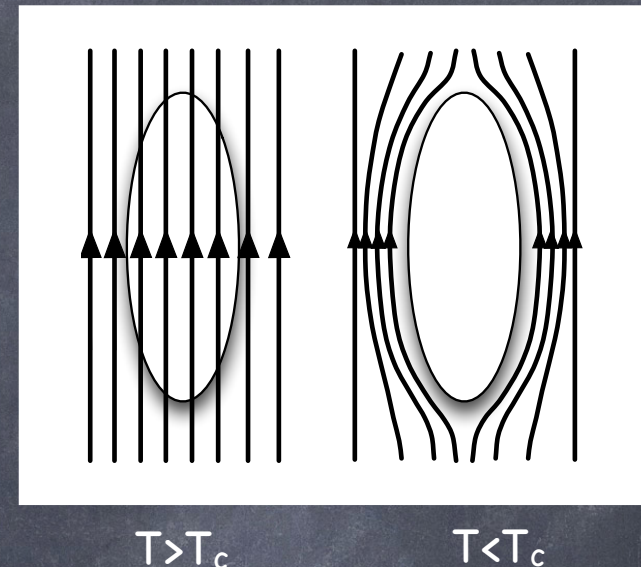
R=0

**Le courant supraconducteur peut circuler indéfiniment,
sans aucune perte, le mouvement est (probablement) perpétuel**

et en **1933** **Walther Meissner** (1882-1974) et **Robert Ochsenfeld** (1901-1933)
mettent en évidence **l'expulsion** totale du champ magnétique

$$\vec{B} = \vec{0}$$

Il faut alors « modifier » les équations de
Maxwell pour tenir compte de cette propriété

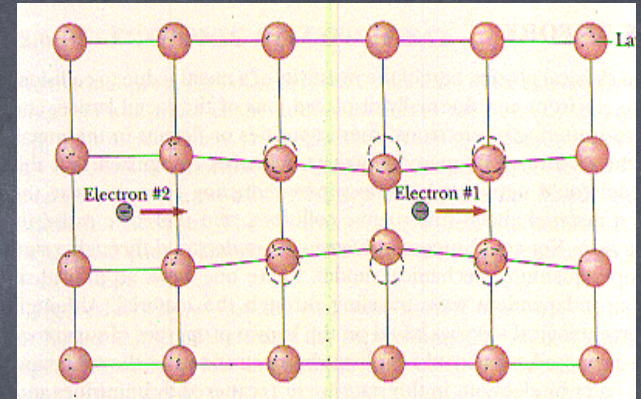


... et tout comme* la brisure de la symétrie électro-faible confère une masse
aux bosons W and Z, médiateur de l'interaction faible

la brisure de la symétrie associée à la supraconductivité confère
une **MASSE aux photons !**

* le boson de Higgs est une « extension » relativiste du concept d'Anderson dans les supraconducteurs

Et enfin en **1957** : **John Bardeen** (1908-1991), **Leon Cooper** (1930-), **Robert Schrieffer** (1931-) établissent une théorie microscopique montrant qu'un **condensat de paires** se forme du fait de l'interaction **attractive** entre électrons* (prix Nobel 1972)



L'histoire semblait close dans les années 70, le phénomène était parfaitement **caractérisé** et **compris** (théorie BCS), des centaines d'alliages métalliques avaient été découverts mais leur T_c restait inférieure à $\sim 20K$ sans espoir de monter significativement cette valeur (pour des raisons très *valables*).

Il était temps de passer à autre chose... (De Gennes)

* par le biais des vibrations atomiques (**phonons**)

mais la *supraconductivité 2.0* débuta en **1986** avec la découverte
(totalement inattendue) des supraconducteurs

à haute température critique

Johannes Bednorz (1950-) et Karl Muller (1928-) (prix Nobel 1987)

$T_c = 138\text{K}^*$ dans $\text{Hg}_{0.8}\text{Tl}_{0.2}\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{8.3}$

Ces matériaux n'obéissent **pas** à la théorie BCS
et on ne connaît toujours pas le mécanisme...

(mais on a fait pas mal d'avancées significatives ces dernières années
grâce à l'avancée des concepts et des développements instrumentaux)

* en 2017 on a montré que H_3S à une $T_c > 200\text{K}$ @ 150GPa et cela pour un supraconducteur
« classique » (=BCS)

et en **1957** R.M. Swift and D.White

[J. Am. Chem. Soc.]

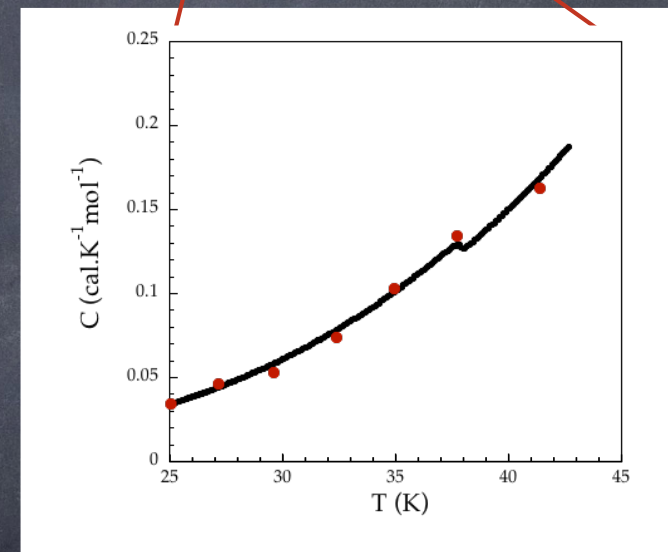
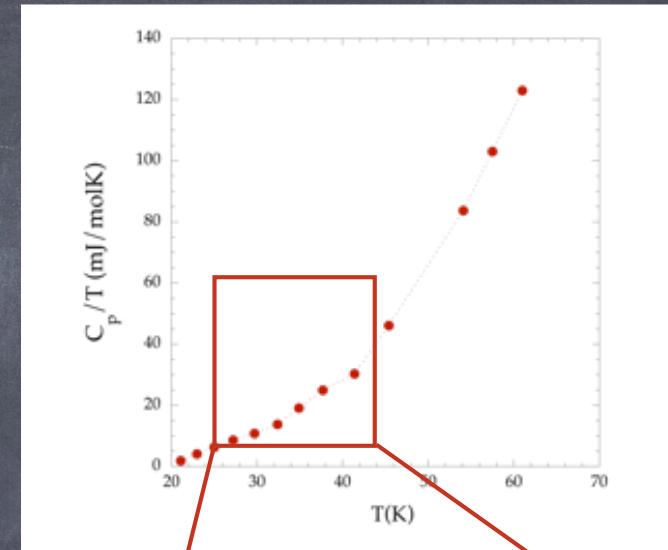
avaient publié une liste (pas de courbe) de la
chaleur spécifique de **MgB₂**

qui présentait un point « aberrant »
mais qui était passé totalement inaperçu...

... mais devient en **2001** la découverte

d'une supraconductivité à **T_c ~ 40K**

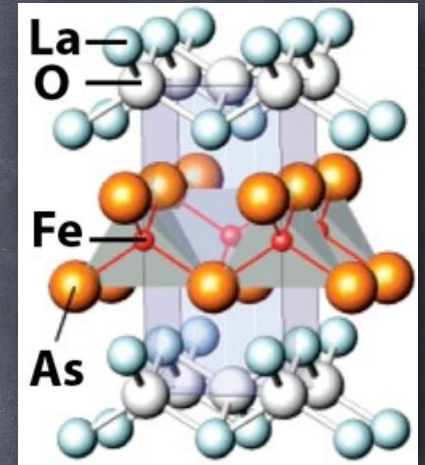
dans un système covalent, dit multigap



ce qui a conduit à la découverte de la supraconductivité du **diamant** (dopé au Bore) en 2004, qui pourrait même avoir une T_c > 50K-60K (pour 30% de dopage)

et en **2008**, on a montré que **magnétisme et supraconductivité** pouvaient **co-exister** dans les **pnictides**

des **dizaines** de nouveaux composés ont vu le jour en quelques mois ! présentant des T_c étonnement **hautes** : $\text{Gd}(\text{O},\text{F})\text{FeAs} \sim \mathbf{54\text{K}}$



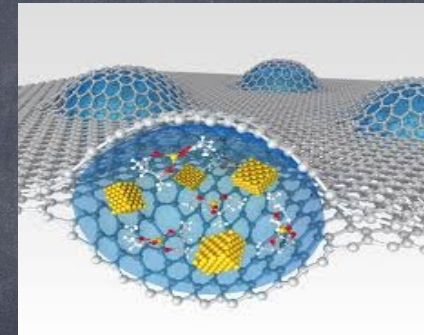
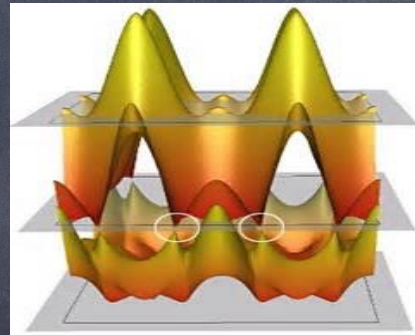
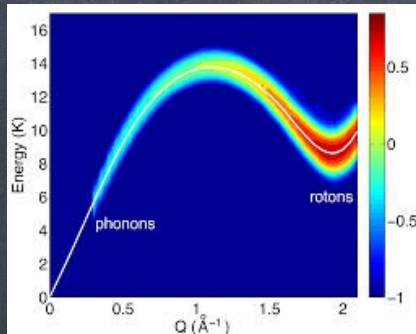
Alcoholic beverages induce superconductivity in $\text{FeTe}_{1-x}\text{S}_x$

K Deguchi^{1,2,3}, Y Mizuguchi^{2,3}, Y Kawasaki^{1,2,3}, T Ozaki^{1,3},
S Tsuda^{1,3}, T Yamaguchi^{1,3} and Y Takano^{1,2,3}

We found that hot alcoholic beverages were effective in inducing superconductivity in $\text{FeTe}_{0.8}\text{S}_{0.2}$. Heating the $\text{FeTe}_{0.8}\text{S}_{0.2}$ compound in various alcoholic beverages enhances the superconducting properties compared to a pure water–ethanol mixture as a control. Heating with red wine for 24 h leads to the largest shielding volume fraction of 62.4% and the highest zero resistivity temperature of 7.8 K. Some components present in alcoholic beverages, other than water and ethanol, have the ability to induce superconductivity in the $\text{FeTe}_{0.8}\text{S}_{0.2}$

Parcours **MATIERE QUANTIQUE** du master de Physique de l'UGA

un master de *physique fondamentale* pour explorer, modéliser, décrire
les propriétés physiques des solides
induites par les **corrélations QUANTIQUES** entre particules.



= master généraliste : pour une poursuite d'études en thèse
expérimentale ou théorique

Supraconductivité

(supraconducteurs non conventionnels, cohérence, dispositifs,...)

MAIS EGALEMENT

Ordres électroniques et/ou magnétiques complexes

(basse dimensionalité (composés 2D), désordre & frustration, effets topologiques, transition métal-isolant, (nano-)électronique et semi-conducteurs,...)

la Physique à/des **basses températures**

(fluides quantiques, MEMS,...)

la science des **matériaux**

(synthèse, caractérisation, fonctionnalité (énergie),...)

et bien d'autres choses...

Au coeur d'un **site privilégié et unique** pour la physique du solide

~ 300 chercheurs et enseignants-chercheurs

et ~ 50 thèses/an

dans tous les grands

centres de recherche nationaux :

CNRS, CEA, UGA, Grenoble-INP,...

et internationaux

[grands instruments]

ILL (neutrons), ESRF,

champs magnétiques intenses



Un programme qui recouvre tous les principaux aspects de la Physique de la Matière Condensée (hors matière molle)

« Derniers »
concepts
fondamentaux

Outils théoriques
(pas un master
pour théoriciens
mais outils
importants)

et numériques

Projet
expérimental
(en laboratoire)
séminaires

Physique du Solide III (correlations, transport)
Supraconductivité
Symétries et propriétés physiques
Seconde quantification
Transitions de phases
Physique statistique hors équilibre
Quelques outils théoriques en matière condensée
Physique numérique
Projet de Recherche et Insertion Professionnelle

Ces UEs peuvent être substituées par
des UEs de :

physique des semi-conducteurs
(parcours photonique et semi-conducteurs)

matière molle : ouverture vers les
solides « classiques » (parcours MCMV)

physique des **particules** : mécanique
quantique **relativiste** (parcours PSC)

ou **nanophysique** : physique à l'échelle
nanoscopique (parcours NANO)

Faire une thèse en **physique de la matière condensée** c'est se préparer à la **recherche fondamentale** pour repousser les frontières de la connaissance en explorant de nouveaux états de la matière,

ou - si vous le souhaitez - approfondir vos connaissances afin de devenir un acteur d'un développement sociétal intelligent (physique du solide omniprésente dans le monde moderne : microélectronique, énergie,...)

Consulter notre site web

master-physique.univ-grenoble-alpes.fr

et le site web institutionnel
(détails des cours)

[Google/master Physique UGA](http://Google/master%20Physique%20UGA)



UNIVERSITÉ Grenoble Alpes

Matériau Quantique

LE PARCOURS MATIÈRE QUANTIQUE

Etudier, comprendre et modéliser les propriétés fascinantes de l'état solide.

Une formation de pointe
EN PHYSIQUE DU SOLIDE

Grenoble est incontestablement un des principaux pôles mondiaux de recherche en physique de la matière condensée. Rares sont en effet les endroits qui seront à même de vous proposer une telle diversité de thématiques et de moyens expérimentaux. C'est cette concentration unique de compétences qui a conduit plusieurs organismes de recherche européens à choisir Grenoble pour y installer leurs Grands Instruments, contribuant ainsi un peu plus au rayonnement international de ce site exceptionnel.

C'est pourquoi l'université propose depuis plusieurs décennies un parcours dédié à l'apprentissage de la physique de la matière condensée. Ce baccalauréat « matière quantique » dans notre nouvelle offre, ce parcours vous permettra d'acquies l'ensemble des outils conceptuels, expérimentaux et/ou numériques qui vous permettront de mieux comprendre les propriétés quantiques de la matière.

Dernière étape de votre formation académique, ce parcours vous permettra d'aborder une thèse théorique ou expérimentale en physique de la matière condensée dans d'excellentes conditions.

VOIR LE PROGRAMME

Comment CANDIDATER

L'inscription au master se fait en trois étapes :

- L'admission permet de vérifier que vous remplissez les critères requis pour accéder à la formation (voir ci-dessous).
- L'inscription administrative vous permettra de vous acquies du paiement des droits d'inscription et de vous inscrire dans une salle d'études.



UNIVERSITÉ Grenoble Alpes

CATALOGUE DES FORMATIONS

Accueil > Catalogue > Master > Sciences, Technologies, Santé > Master Physique

FORMATIONS PAR DOMAINES

- Arts, Lettres, Langues
- Droit, Économie, Gestion
- Sciences humaines et sociales
- Sciences, Technologies, Santé
- Domaine Intersectoriel

FORMATIONS PAR DIPLÔMES

- Autres diplômes
- DUT - Diplôme d'études universitaires
- Préparation aux concours
- Caspelle - Droit et médecine
- Certification
- Diplôme de santé
- DUT - Diplôme universitaire de technologie
- Licence professionnelle
- Formation courte qualifiante
- CC - Certificat de Compétence
- Licence
- Master
- Cycle préparatoire et diplôme d'ingénieur
- Magistère
- Doctorat d'université

FORMATIONS PAR COMPOSANTES

- Voir la liste des composantes de l'UGA

MOTIF DE RECHERCHE

Mots clés :

Diplôme et certification :

Tout (444) :

Recherche par :

MASTER PHYSIQUE

La formation propose le ou les parcours suivants :

- Parcours Antichimie
- Parcours Matière condensée, matière solide
- Parcours Matière quantique
- Parcours Physique subatomique et cosmologie
- Parcours Neurobiologie
- Parcours Théorique et semi-conducteurs
- Parcours Médecine pour l'énergie
- Parcours Physique médicale
- Parcours Technique de Commercialisation en optique (OptiCo)

Présentation

Formation co-accreditée par l'Université Grenoble Alpes, l'Institut National Polytechnique de Grenoble et l'Université de Savoie Mont Blanc.

Le master Physique est une formation généraliste en physique. Il a pour vocation de fournir un socle de connaissances solides en physique permettant aux étudiants de se spécialiser dans différents domaines de la physique.

La première année du master permet à la fois de consolider ces bases en physique générale par le biais d'un tronc commun important et de préparer sa spécialisation vers un des 8 parcours de la mention physique. De plus, les enseignements sur cette première année sont dispensés sur : <https://www.univ-grenoble-alpes.fr/master-1-physique>

Quatre parcours "interphysique", "matière complexe/matière vivante", "matière quantique" et "physique subatomique & cosmologie" permettent d'obtenir une formation de haut niveau dans une des 4 principales thématiques de recherche du site Grenoble. Un parcours "interphysique" complète l'offre de formation en physique fondamentale. Il conduit à l'interface entre la nanophysique et la physique de la matière condensée (en complément du parcours nanophysique de la mention N2). Les parcours "matériau pour l'énergie" et "technique & commercialisation" abordent des aspects plus appliqués de la physique par le biais d'une offre de type "recherche et innovation" et ont été construits en étroite collaboration avec Grenoble-INP. Enfin le parcours "physique médicale" est partagé entre la mention physique et la mention ingénierie de la Santé.

Au semestre 2, les étudiants peuvent soit choisir la spécialité de leur choix ou soit d'un même parcours, afin d'acquies l'ensemble des concepts théoriques, expérimentaux et/ou numériques spécifiques à la thématique choisie, soit substituer à l'été de leur parcours par 4 l'été d'un second parcours mention plus transversale (pédagogique). Cette option s'adresse alors aux étudiants souhaitant acquies une formation plus transversale (pédagogique), mais également plus pluridisciplinaire.

Observatoire et insertion : un service à votre service

Candidater et s'inscrire

CONTACTS

Responsable pédagogique(s) :
Thierry Klein
Email : Thierry.Klein@univ-grenoble-alpes.fr

Secrétariat de scolarité :
GrenobleMaster
grebm@master.univ-grenoble-alpes.fr
04 77 15 55 55

Demande de candidature :
grebm.candidatures@univ-grenoble-alpes.fr

EN BREF

Nature : Master
Domaine(s) : Sciences, Technologies, Santé
Niveau de recrutement : Bac +3
Durée des études : 2 ans

À TÉLÉCHARGER

[BDE Master 2018_1711_DK.pdf \(76 Ko\)](#)
[Table des matières des candidatures \(Candidat\) \(196 Ko\)](#)