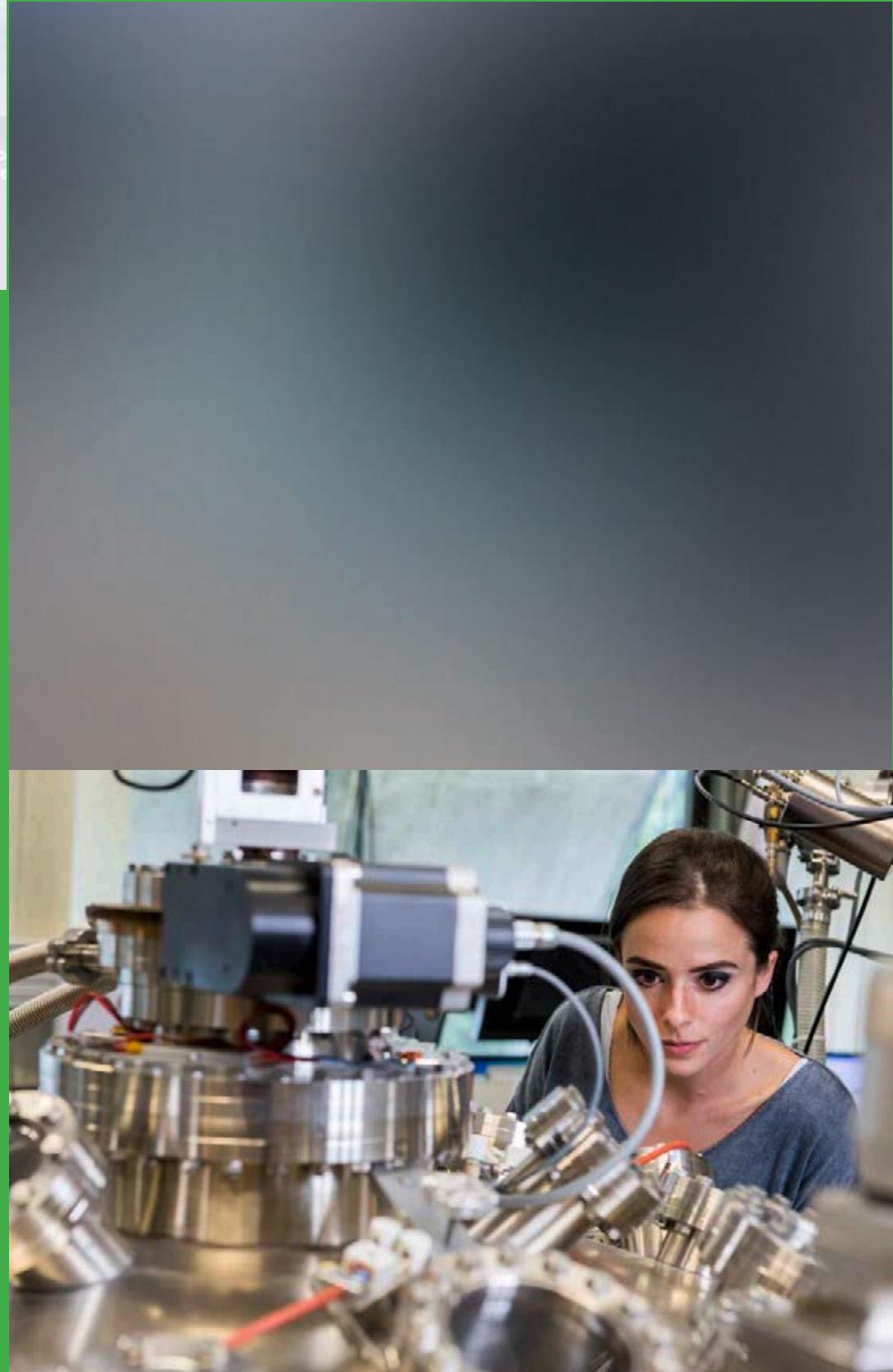




Métro autonome, ampoule LED, écran tactile, congélateur ou navigation GPS: la physique a contribué au développement de nombreuses inventions modernes, grâce à la découverte et à la compréhension de phénomènes naturels. Ces derniers – l'électromagnétisme, la lumière, la chaleur ou le son – font partie du champ d'expertise des physiciens et physiciennes. Ces scientifiques ont pour objectif de comprendre la matière, son organisation, ses propriétés et ses forces afin d'en déterminer les lois. Les mathématiques sont leur langage; l'observation, l'analyse et la modélisation leurs outils conceptuels. Galilée, Newton, Curie, Einstein ou Planck ont jalonné la physique de découvertes fondamentales. Aujourd'hui, la recherche s'attache aux plasmas, à la supraconductivité, aux particules, aux trous noirs et aux exoplanètes. Des connaissances qui trouveront peut-être des applications dans les techniques de pointe comme dans l'univers domestique. Les physiciens sont des généralistes appréciés dans la recherche, l'industrie et les services pour leur capacité à appréhender et à modéliser des problèmes complexes.



PHYSICIEN PHYSICIENNE

UNI/EPF



CSFO Editions

Observer un matériau aux étranges propriétés

Marie-Laure Mottas, 26 ans

Assistante-doctorante en physique du solide à l'Université de Fribourg

Portrait

«A la fin du master, je croyais tout connaître de la physique, mais le doctorat m'a fait changer d'avis», explique Marie-Laure Mottas. En recherche fondamentale, la physicienne observe, analyse... et fait parfois des découvertes.

«J'avais de la facilité en maths et en physique, et mon entourage m'a encouragée à faire des études dans le domaine scientifique.» En première année d'université, Marie-Laure Mottas revoit les bases: «La physique classique, la pomme qui tombe, bof. Je connaissais déjà.» Déçue, elle envisage de changer de voie, mais on lui propose un remplacement en physique dans le collège où elle a obtenu sa maturité gymnasiale. «J'y ai travaillé trois ans à côté de mes études, ce qui m'a permis d'être indépendante financièrement.» Le vrai déclencheur pour la physique, la jeune femme l'a eu en abordant la physique quantique: «On découvre comme un deuxième monde, avec des règles différentes.» Elle y voit des parallèles avec la philosophie, qu'elle choisit parmi les cours à option libre: «C'est la même démarche intellectuelle, on se pose les mêmes questions.»

La supraconductivité en question

Marie-Laure Mottas a réalisé son travail de master en physique du solide, un domaine de la physique quantique dans lequel elle effectue aujourd'hui une thèse de doctorat. A côté de ses heures d'assistanat, elle mène des activités de recherche: elle fait des expériences en laboratoire et analyse les résultats devant l'ordinateur. Son objet d'études est un matériau aux propriétés étonnantes, le titane diselenide (TiSe₂). Refroidi à des températures extrêmes, celui-ci voit ses électrons se réorganiser momentanément. De plus, dopé avec des électrons de cuivre, il devient supraconducteur (conducteur d'électricité sans résistance), une qualité qu'il ne conserve pas à des températures plus élevées. Quel mécanisme pousse ces électrons à se réorga-



niser? Comment préserver à des températures moins basses la supraconductivité du matériau observée à la température critique de -270°C? Dans cet objectif, la chercheuse varie par exemple la température à laquelle sont soumis les électrons et observe les résultats.

Deux méthodes expérimentales

Au laboratoire, où des pompes travaillent en continu pour obtenir le vide d'air nécessaire à l'observation des électrons, et où de l'hélium liquide permet au matériau d'études

d'atteindre -270°C, Marie-Laure Mottas utilise deux méthodes expérimentales. Outre le microscope à effet tunnel, qui produit des images nanométriques, le spectromètre de photoémission permet de détecter des électrons du TiSe₂ arrachés par un bombardement de lumière. La chercheuse règle la lumière (rayons X, laser ou ultraviolet), met au point le programme pour que le détecteur lui révèle ce qu'elle veut observer, et manipule des échantillons.

Les images recueillies sont ensuite interprétées. A l'aide d'Igor, un programme informatique dédié à l'analyse de données de photoémission, il s'agit alors d'analyser, de formuler et de simuler afin de vérifier si la théorie peut confirmer l'expérience. Comme de nombreux chercheurs et chercheuses en recherche fondamentale, Marie-Laure Mottas participe à la découverte de propriétés qui trouveront peut-être un jour une application dans le domaine industriel: la maîtrise de la supraconductivité permettra notamment d'obtenir un courant électrique sans résistance et ainsi d'économiser l'énergie.



Des installations à rayons X sous contrôle

Portrait

Nick Ryckx, 30 ans

Physicien EPFL, collaborateur scientifique dans un institut de radiophysique

Contrôler les systèmes d'imagerie radiologique et veiller à leur utilisation clinique dans les règles de l'art: en tant que physicien médical, Nick Ryckx concilie ses intérêts pour la santé et pour la recherche appliquée.

Après son travail de master EPFL réalisé au CERN, Nick Ryckx ne se voyait pas rester dans la recherche fondamentale: «Je voulais pouvoir appliquer mes connaissances.» Engagé par l’Institut de radiophysique (IRA) du Centre hospitalier universitaire vaudois (CHUV) comme physicien médical, il obtient trois ans plus tard la certification qui l’autorise à contrôler des installations à rayons X. Sa mission? Vérifier, dans les instituts de radiologie, que les appareils de radiodiagnostic dédiés à la production d’images utiles à un diagnostic médical sont manipulés dans les règles de l’art.

Eviter des expositions inadaptées

«Les rayons X sont imperceptibles, on ne les voit pas, on ne les sent pas, on ne les entend



pas», explique Nick Ryckx. C'est à l'aide d'un dosimètre électronique que le physicien médical mesure les doses de rayonnement sur le personnel potentiellement exposé lors du passage d'un patient sur une table de radiologie interventionnelle. Les mesures une fois pondérées et analysées, il partage le résultat de ses observations avec l'équipe en incluant l'aspect préventif contre des expositions inadaptées. Il passe également du temps autour de la machine, examine les protocoles et fait des essais à l'aide d'un fantôme (un objet test remplaçant le patient) en plexiglas, un matériau qui reproduit l'interaction des rayons X avec le corps humain. «Je compare l'ensemble des données sur une base anonyme, ce qui me permet de déterminer les optimisations possibles.»

Expertise et recherche

Nick Ryckx est régulièrement sollicité comme expert: «Par exemple, un hôpital veut intégrer dans son service de radiodiagnostic une installation qui utilise des rayons X d'une énergie maximale donnée et des radio-isotopes, tels que le fluor 18», explique-t-il. «Je calcule notamment l'épaisseur nécessaire pour le blindage des murs en fonction de la source de rayonnement utilisée; j'applique pour cela des modèles mathématiques d'atténuation du rayonnement. Je me base sur la législation en vigueur et sur les plans d'architecte qu'on me communique. En tant que physicien médical,

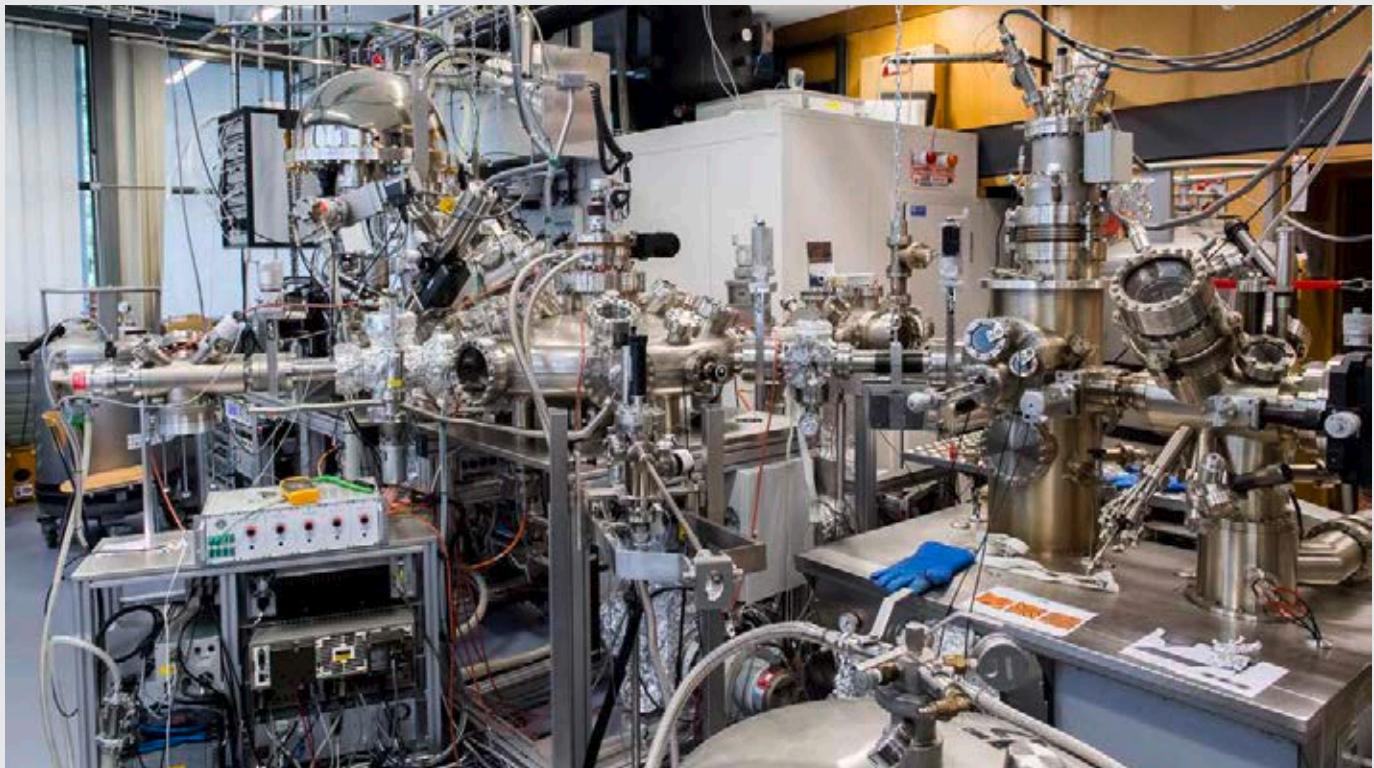
je dois être capable de refaire les calculs et de proposer des améliorations.»

Si ses activités d'expert satisfont le goût du jeune homme pour les maths, elles mettent en outre à contribution son sens aigu de la communication. «Mon métier n'est pas une profession de la santé. Je ne suis pas un clinicien, mais un scientifique. Je dois donc fournir des informations dans un langage qui soit compréhensible pour les médecins.»

Faciliter le travail des médecins

L'institut où travaille Nick Ryckx collabore avec les Universités de Louvain (B) et de Leyden (NL) sur un programme visant à développer des façons d'évaluer la qualité diagnostique des milliers d'images collectées par le personnel dans les instituts. Dans ce contexte, le physicien s'apprête à défendre sa thèse de doctorat dont le résultat pourrait faciliter le travail des médecins radiologues. Abouissement d'une formation universitaire, la thèse lui ouvrira des perspectives de promotion hiérarchique au sein de l'institut ou ailleurs. «Mon avenir, je le vois ici, où j'apprécie la variété de mon travail», conclut le jeune homme.





Après le master, les études de physique se prolongent très souvent par une thèse de doctorat. Les diplômés désireux de poursuivre une carrière académique doivent ensuite faire preuve de mobilité géographique. Ils effectuent des post-docs à l'étranger, dans des universités et centres de recherche spécialisés où se côtoient des chercheurs du monde entier. Les postes académiques stables à durée indéterminée sont cependant rares.

Un large éventail de débouchés

Les études de physique abordent tous les thèmes qui relèvent de la connaissance des phénomènes naturels. La formation de base des physiciens et physiciennes en mécanique, électromagnétisme, thermodynamique, physique statistique et quantique leur ouvre des possibilités d'emploi en recherche fondamentale ou appliquée dans l'un des 25 laboratoires et centres de recherche publics en Suisse. La publication de la thèse est une contribution à la connaissance générale en physique qui permet à l'auteur de se spécialiser et d'augmenter son employabilité. Les résultats de ce travail trouvent parfois des applications dans les départements de recherche et développement des industries (mécanique, micro-mécanique, horlogerie, transports, énergies,

médico-technique, etc.), également pourvoyeuses d'emplois.

Les physiciens sont également recrutés dans le domaine des services – assurances, banques, finance, télécommunications, etc. – pour leur capacité à modéliser des données complexes, en particulier dans la gestion de projets, dans l'analyse de données et dans l'élaboration d'outils théoriques spécifiques. Le génie nucléaire constitue aussi un débouché, car on forme peu de spécialistes dans ce domaine; marché de niche, l'industrie spatiale se développe en Suisse. L'enseignement à l'école obligatoire et au niveau secondaire il est une autre possibilité d'emploi, de même que l'engagement politique ou associatif, en particulier dans la protection de l'environnement.

Des effectifs en augmentation

En Suisse romande, la formation des physiciens et physiciennes est assurée par trois hautes écoles: l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (une centaine de masters par année), l'Université de Genève (une vingtaine de masters) et l'Université de Fribourg (entre 5 et 10 masters). Les études de physique se caractérisent à la fois par une proportion de femmes moins élevée que dans les autres disciplines scientifiques et par un pourcen-

tage plus important d'étudiants étrangers. Les effectifs sont en augmentation depuis quelques années: les actions mises en place par les hautes écoles en collaboration avec l'Académie suisse des sciences naturelles pour valoriser les études scientifiques et encourager les carrières scientifiques commencent à porter leurs fruits.

Tournés vers l'avenir

La physique mène à tout, ou presque, comme en témoigne la variété des spécialisations proposées dans les hautes écoles au niveau du master, dont certaines sont à l'interface de plusieurs disciplines. Cherchant à appliquer les connaissances scientifiques aux techniques modernes, les physiciens interviennent dans des domaines de pointe. Leurs travaux dans le domaine des énergies (plasmas, physique corpusculaire) ou de l'astrophysique (cosmologie, particules), par exemple, sont en phase avec les préoccupations concernant la disponibilité des ressources naturelles ou avec les questionnements sur l'origine de la vie humaine. Ces scientifiques ne font pas l'économie d'une réflexion sur le fondement de leurs interventions en termes éthiques. Des cours en sciences humaines les y préparent.

Recherche académique, industrie et économie

Qualités requises

Un métier pour moi?

Quelques repères pour faire le point.

Le monde de la matière vous fascine?

Les physiciens et physiciennes sont curieux de nature. Les questions qui les guident dans leurs activités de recherche sur la matière et les phénomènes découlent de l'observation, de l'analyse et de la modélisation des objets d'études.

Vous êtes à l'aise en maths?

Le langage des physiciens est celui de tous les scientifiques. La modélisation mathématique, par exemple, permet de représenter les phénomènes ou les structures et de vérifier des hypothèses, activités qui demandent aussi un bon esprit de synthèse.

Vous avez de l'intérêt pour la technologie et ses avancées?

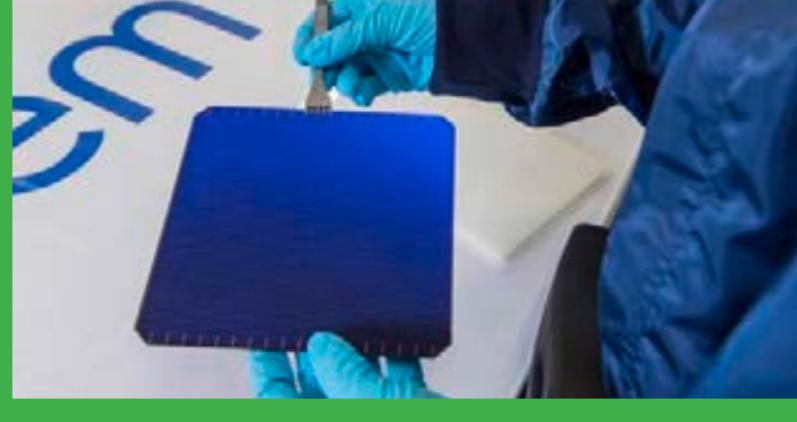
Les découvertes dans les différents domaines de la physique (mécanique, optique, électronique, astrophysique, etc.) sont génératrices de progrès scientifiques qui se répercutent dans le monde médical, les télécommunications, l'industrie, la finance, etc.

Vous aimez l'expérimentation?

Les physiciens sont à la fois des expérimentateurs et des analystes. Entre appareils de mesures et ordinateurs, ils aiment manipuler des matériaux, régler des machines, analyser des données, élaborer des programmes. Patience et rigueur sont au rendez-vous.

Collaborer et communiquer sont vos points forts?

Les physiciens côtoient des spécialistes d'autres domaines. Expliquer le but de leurs recherches ou l'utilité de leurs applications, par exemple pour trouver des clients ou un financement, exige un sens aigu de la vulgarisation scientifique.



IMPRESSUM

1^{re} édition 2017

© 2017 CSFO, Berne. Tous droits réservés.

Édition:

Centre suisse de services Formation professionnelle |
orientation professionnelle, universitaire et de carrière CSFO
CSFO Editions, www.csfo.ch, editions@csfo.ch
Le CSFO est une institution de la CDIP.

Enquête et rédaction: Corinne Giroud, OCOSP Vaud **Selecture:** Daniele Mari,
Maya Fruehauf, EPFL; Marianne Gattiker **Photos:** Thierry Porchet

Graphisme: Viviane Wälchli **Réalisation:** Roland Müller, CSFO

Impression: PCL Presses Centrales SA

Diffusion, service client:

CSFO Distribution, Industriestrasse 1, 3052 Zollikofen
Tél. 0848 999 002, distribution@csfo.ch, www.shop.csfo.ch

N° d'article: FE2-3238 (1 exemplaire), FB2-3238 (paquet de 50 exemplaires)

Nous remercions toutes les personnes et les entreprises qui ont participé à l'élaboration de ce document. Produit avec le soutien du SEFRI.

Formation, perfectionnement

Formation

Les études de physique se déroulent dans une université ou une école polytechnique fédérale.

Lieux: Universités de Bâle, Berne, Fribourg, Genève et Zurich; Ecoles polytechniques fédérales de Lausanne et de Zurich.

Bachelor

La première partie des études est centrée sur les sciences de base, en particulier les mathématiques (algèbre, analyse), la chimie et la biologie, et propose des introductions et des travaux pratiques dans les différents axes de la physique classique et moderne: mécanique, thermodynamique, électronique, astrophysique, relativité, physique quantique, etc.

Durée: 6 semestres.

Titre obtenu: bachelor en physique.

Master

Options / orientations: physique théorique, physique quantique et statistique, physique du solide, physique des plasmas, optique, physique nucléaire et corpusculaire, biophysique, astrophysique, physique atomique, etc.

Masters spécialisés: chimie et physique de la matière molle, génie nucléaire, hautes énergies.

Durée: 3 à 4 semestres.

Titre obtenu: master en physique.

Remarque: à l'EPFL, un stage de 4 à 6 mois dans l'industrie permet de valider 30 crédits supplémentaires et débouche sur un master en ingénierie physique.

Formation continue, perfectionnement

- Doctorat en physique
- Formations postgrades (CAS, MAS, DAS) en physique médicale, banque et finance, micro- et nanotechnologie, etc.
- Diplôme HEP pour l'enseignement de la physique au niveau secondaire I et II
- Etc.



En savoir plus

www.orientation.ch, la plateforme pour toutes les questions concernant les professions, les formations et le monde du travail

www.sps.ch, Société suisse de physique

www.satw.ch, Académie suisse des sciences techniques

www.sciencesnaturelles.ch, Sciences naturelles Suisse

En images



Recherche fondamentale

Les chercheurs en physique contribuent à faire progresser les connaissances scientifiques, indépendamment de toute application industrielle possible.



Recherche appliquée

Les physiciens peuvent aussi travailler au service d'entreprises. Leur objectif est alors d'améliorer les produits ou d'en réduire les coûts de production.



Documenter les expériences

Manipulations, appareils utilisés, procédés mis en œuvre: les étapes des expériences sont consignées avec précision dans un cahier de laboratoire.



Interpréter les résultats

Les données recueillies et les résultats des expériences sont enregistrés sur ordinateur pour être analysés, comparés et interprétés.

Vulgariser

Les physiciens ne s'adressent pas qu'à des spécialistes: pour présenter des résultats à un client, par exemple, ils adaptent leurs explications.



Collaboration pluridisciplinaire

Dans le domaine de la cybersécurité, les physiciens collaborent avec des informaticiens et des électro-niciens pour produire des systèmes de cryptage.



Radiophysique

Les rayons X utilisés en radiologie peuvent être dangereux. Les physiciens médicaux testent les appareils et évaluent les doses admissibles.



Physique statistique

Les physiciens et physiciennes travaillent aussi sur des données (data), par exemple dans le domaine de l'analyse financière.





Karin Söderström, 31 ans, ingénierie en recherche et développement dans un centre de recherche privé

«L'énergie solaire, c'est l'avenir!» lance Karin Söderström. Un doctorat consacré aux cellules photovoltaïques en silicium l'a introduite à la recherche appliquée dans ce domaine. Engagée au Centre suisse d'électronique et de microtechnique, un centre de recherche privé qui accompagne les entreprises dans la création ou le développement de nouveaux produits, la jeune femme travaille sur le procédé d'encapsulation et la fiabilité des panneaux photovoltaïques.

Améliorer les qualités de capteurs solaires

«Mon activité se focalise sur deux aspects: il s'agit de réduire les coûts des panneaux afin que cette source d'énergie devienne plus compétitive, mais aussi d'en améliorer l'apparence afin de favoriser leur intégration dans nos milieux urbains.» Karin Söderström collabore au quotidien avec des chimistes, des physiciens et des ingénieurs électriques dans une équipe pluridisciplinaire. La physicienne soumet les panneaux à des tests de vieillissement accéléré simulant de 30 à 50 ans d'exposition en extérieur. «L'évolution des propriétés mécaniques, optiques et électriques des panneaux durant ces tests permet la sélection des procédés de fabrication et des matériaux les plus prometteurs.» Au début de ses études, Karin Söderström avait hésité entre sciences de l'environnement, matériaux et physique; pour lier les trois domaines, elle se verrait bien travailler à l'avenir dans la promotion des énergies renouvelables, «en tant qu'experte auprès du politique, par exemple».

«**Nos clients** – industries financières, entreprises, organisations gouvernementales, etc. – ont besoin d'une sécurité élevée dans le transport de leurs données informatisées», explique Grégoire Ribordy. Avec trois associés, le physicien a fondé ID Quantique, une entreprise aujourd'hui leader mondial dans le domaine de la cryptographie quantique. Les appareils permettant de sécuriser les communications produits par la société ont recours aux propriétés quantiques de la

Sécuriser les communications

lumière: la moindre perturbation du flux dans la fibre optique causée par une intrusion dans le système déclenche une alerte. Dans les locaux de l'entreprise genevoise, des techniciens en électronique assemblent des composants, testent et calibrent les appareils; des ingénieurs électroniciens et informaticiens développent ces appareils avec le soutien de physiciens, dont la mission consiste à mettre en pratique les principes physiques élémentaires. La deuxième révolution quantique est en cours avec, à terme, «des capteurs plus sensibles, des communications plus sûres et des ordinateurs plus rapides», précise Grégoire Ribordy. Inscrite dans le programme Quantum Flagship soutenu par la Commission européenne, l'entreprise du physicien cherche à se démarquer de ses concurrents: «Nous collaborons avec le département de physique appliquée de l'Université de Genève pour l'étude de nouveaux matériaux ou protocoles.»



Grégoire Ribordy, 46 ans, directeur d'une entreprise de cryptage des données



Stéphane Daul, 48 ans, analyste quantitatif dans une banque de gestion d'actifs

«**Nos clients** sont des institutions financières, des caisses de pension et des assurances dont nous gérons les avoirs ou qui sollicitent notre expertise avant d'investir», explique Stéphane Daul. Après une carrière universitaire dans la recherche, ce docteur en physique théorique s'est tourné vers la finance quantitative. Dans le domaine de l'ingénierie financière, les physiciens et les mathématiciens sont recherchés pour leurs compétences en informatique et en modélisation. Stéphane Daul élaboré des prévisions financières en vue de tirer le meilleur rendement possible des instruments financiers,

Elaborer des prévisions financières

compte tenu des risques. «Nous travaillons avec des méthodes statistiques et élaborons des algorithmes de prise de décision utilisant de larges volumes de données. Nous choisissons tel ou tel modèle d'investissement et réfléchissons sur un type d'analyse intéressant pour une problématique rencontrée.» Les analystes quantitatifs croisent ensuite leurs résultats avec les prévisions établies par d'autres analystes spécialisés dans une approche qualitative des marchés. En effet, la gestion active s'appuie sur des données économiques et des statistiques, mais aussi sur l'observation des éléments subjectifs qui influencent les marchés financiers, tels que la spéculation. «Au final, il s'agit de surpondérer ou sous-pondérer un placement dans un portefeuille financier afin d'obtenir une zone de profit acceptable.»