

# FILIÈRE « PHYSIQUE »

Président: Prof. Pierre-Etienne Labeau

[pelabeau@ulb.ac.be](mailto:pelabeau@ulb.ac.be)

Vice-président : Prof. Jean-Marc Sparenberg

[jmspar@ulb.ac.be](mailto:jmspar@ulb.ac.be)

---

## La formation en un coup d'œil

---

### Objectifs

- **Former** les étudiants aux disciplines fondamentales de la physique microscopique, pour leur permettre d'en maîtriser les applications technologiques.
- **Construire** les ponts entre l'infiniment petit et des applications industrielles essentielles comme la production d'énergie, les télécommunications optiques, les technologies médicales ou les équipements supraconducteurs.
- **Développer** la capacité d'abstraction et la maîtrise de la modélisation mathématique des systèmes.

---

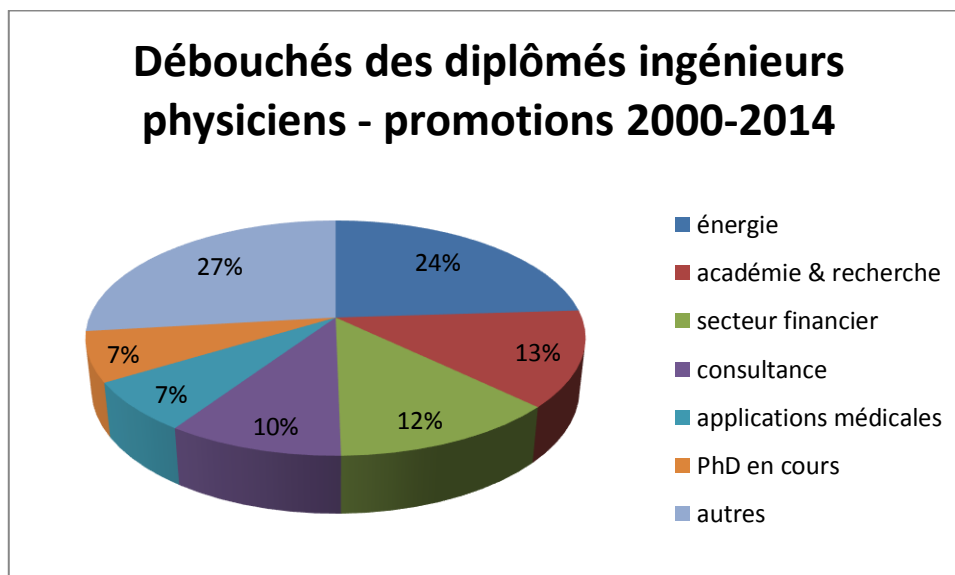
## Ingénieur physicien... Et après ?

---

Pas mal d'étudiants sont intéressés par la formation d'ingénieur civil physicien, mais se demandent si un tel diplôme les conduit uniquement à une carrière dans la recherche.

### Que font nos « anciens » aujourd'hui ?

Pour répondre à cette question, nous avons analysé la situation des promotions 2000 à 2014. L'information relative à 175 diplômés sur les 206 sortis sur cette période (soit environ 85%, ce qui constitue un échantillon très représentatif) est reprise dans le graphique suivant.



Le **secteur de l'énergie** reprend plus d'un quart de nos alumni, avec l'industrie nucléaire (Electrabel, Tractebel, Westinghouse, AFCN, BelV...) qui est largement dominante dans ce décompte, sans pour autant exclure des fonctions associées au marché de l'électricité.

Le **monde académique** et la **recherche** correspondent à un 2<sup>ème</sup> débouché important, de 13% des diplômés dont la profession a été identifiée. Cette catégorie reprend les académiques, les chercheurs, les professeurs dans les hautes écoles, et les chercheurs post-doctoraux, mais pas les doctorants en cours de thèse ni les enseignants dans le secondaire.

Mais le **secteur bancaire et financier** prend, dans les débouchés de nos étudiants, une part aussi importante que le monde académique et la recherche ! Ce secteur constitue donc bien un débouché majeur de nos anciens étudiants.

La **consultance** (non reprise dans le secteur énergie) occupe également environ 10% de nos diplômés, avec quelques-unes des entreprises de référence dans ce domaine. Les **applications médicales** (et singulièrement IBA) représentent 7% des débouchés, ce qui est également le cas des **doctorats en cours**. La catégorie 'Autres' reprend d'autres types d'activités que celles reprises ci-dessus, entre autres des **anciens étudiants ayant démarré leur propre entreprise**.

Il est encore à noter que **près de 30% des diplômés identifiés ont effectué ou effectuent pour l'instant une thèse de doctorat**. Il est intéressant de constater que, **même dans les cas où ces thèses ont été réalisées dans des sujets assez fondamentaux, un nombre significatif de docteurs rejoignent les secteurs majoritaires identifiés ci-dessus**.

Enfin, **environ 15% de ces diplômés sont actuellement à l'étranger**, sans compter ceux qui ont effectué une partie de leur carrière à l'étranger avant de revenir en Belgique (notamment par le biais de séjours postdoctoraux, mais pas uniquement).

## Que peut-on en déduire ?

La formation d'ingénieur civil physicien est donc avant tout basée sur une formation d'ingénieur généraliste. Elle prépare l'étudiant tant à des débouchés industriels très variés qu'au monde de la recherche. Elle ne limite donc en rien le spectre des métiers de l'ingénierie accessibles aux diplômés d'autres sections ; au contraire, elle ajoute à ces débouchés traditionnels dans l'ingénierie la possibilité pour quelques-uns de mener plus facilement une carrière dans la recherche.

L'insistance sur les aspects fondamentaux des problèmes technologiques constitue un atout majeur dans la formation des ingénieurs civils physiciens. L'évolution technologique actuelle se base sur cette approche. Elle n'est donc en rien un obstacle à leur entrée dans des métiers très appliqués. Le chemin inverse est par contre bien plus ardu...

## Quelques parcours illustratifs de nos anciens

### Philippe Absil



Diplômé en 1997, Philippe part aux Etats-Unis pour réaliser une thèse de doctorat en photonique à l'Université du Maryland. Il poursuit sa carrière aux USA pendant deux années au sein de l'entreprise Little Optics, avant de remettre le cap sur la Belgique, où il rentre à l'imec (*interuniversitair micro-electronika centrum*) à Leuven. Il y occupe divers postes jusqu'à occuper aujourd'hui la direction d'un département de R&D de l'institut, comprenant une centaine de personnes, dont 65 chercheurs.

Philippe a évolué d'une carrière de chercheur à une fonction de manager de

programmes de recherche.

### Isabelle Hendrickx



Issue de la promotion 1999, Isabelle entre directement chez Tractebel Engineering au sein du département nucléaire, pour travailler dans le groupe d'évaluation de la sûreté. En parallèle avec ses activités professionnelles, elle obtiendra une licence spéciale en énergie, puis un Executive Master in Management à la Solvay Business School. Elle occupe au cours des années diverses fonctions de direction au sein du département nucléaire, avant de se réorienter vers le domaine des réseaux électriques à l'automne 2014, pour diriger un des groupes actifs au sein de ce département chez Tractebel.

Elle est aussi vice-présidente des Alumni de l'EPB depuis 2014.

### Julien Smeets



En 2008, Julien obtient le double diplôme avec l'Ecole Centrale de Paris. Pendant son séjour à Paris, il a également obtenu un diplôme à l'Institut de Physique de l'Université Paris-Sud à Orsay. Il effectue ensuite une thèse de doctorat financée par le Fonds de la Recherche Scientifique (FRS-FNRS), en lien étroit avec IBA, consacrée à l'amélioration du contrôle des doses délivrées aux patients lors de traitement par protonthérapie. Pendant son doctorat, il obtiendra également le Master Complémentaire en Gestion à Solvay. A la fin de sa thèse, il entre naturellement chez IBA où il poursuit aujourd'hui sa carrière.

---

## La filière physique à l'ULB

---

### L'enseignement

Pour atteindre les objectifs mentionnés au début de cette présentation, le programme de cours comprend divers enseignements communs avec les autres sections, dans différents domaines des sciences de l'ingénieur, afin de garantir le caractère polytechnicien de la formation. Un large éventail de cours spécifiques est également offert, allant des aspects physiques fondamentaux et leur modélisation mathématique, aux applications pratiques dans une variété de disciplines : les matériaux, l'information, l'énergie nucléaire et les technologies radio-médicales, quatre composantes essentielles de la technologie moderne.

En complément aux cours ex cathedra, les étudiants sont amenés à réaliser des travaux pratiques au sein des laboratoires de l'Ecole comme dans des centres de recherche et dans l'industrie. Leur programme comprend des projets individuels et un stage optionnel de longue durée au début de la dernière année. Ces projets et stage ont pour but de développer l'autonomie des étudiants et leur esprit critique dans un environnement proche du cadre professionnel dans lequel ils évolueront au cours de leur carrière.

### La recherche

Les différents services de la filière physique développent des projets de recherche dans des domaines aussi diversifiés que les télécommunications optiques, l'acoustique, la physique quantique, la neutronique, la dosimétrie, la physique des surfaces, la sûreté des installations industrielles, la modélisation stochastique des performances des systèmes énergétiques, l'analyse numérique... Les étudiants peuvent déjà s'intégrer dans les équipes de recherche au cours de leur mémoire de fin d'études. Certains poursuivent cette expérience par une thèse de doctorat.

---

## Axes principaux de la formation

---

### Structure du programme

Le programme du bloc 1 du master ingénieur physicien est commun à tous les étudiants, la seule latitude laissée étant la nature du projet d'année. Ce socle commun à tous les étudiants reprend des cours de physique de la matière, de physique appliquée, d'ingénierie nucléaire et de mathématiques numériques et appliquées. Cet ensemble d'enseignements offre toutes les bases nécessaires aux étudiants pour accéder à un large choix de cours dans le second bloc du master.

Deux options	Ingénierie quantique et photonique	Énergie, sciences et techniques nucléaires
Trois blocs par option (choix de min 2 parmi 3)	Méthodes expérimentales	Energy
	Photonique	Radioprotection
	Applications quantiques	Radiophysique médicale

En effet, les étudiants choisissent entre deux orientations : ingénierie quantique et photonique, d'une part, et énergie, sciences et techniques nucléaires, d'autre part. Les cours au sein de chacune de ces orientations sont organisés en trois blocs, parmi lesquels les étudiants doivent en choisir minimum deux.

Le choix d'une orientation n'empêche pas les étudiants de prendre des cours optionnels dans l'autre orientation. Les étudiants ont également accès à tous les cours de master de l'Ecole polytechnique, y compris les cours transversaux, ainsi qu'à des cours du département de physique de faculté des sciences.

### Thématiques des cours

#### 1. La physique de la matière



Collisionneur LHC, CERN

La compréhension de la matière et sa maîtrise dans la production de matériaux occupent une place essentielle dans la technologie moderne. Si l'importance des métaux et des semi-conducteurs est incontestable, le développement et la production de "nouveaux" matériaux conditionnent les avancées futures dans les domaines des technologies de l'information, de la production d'énergie et des transports.

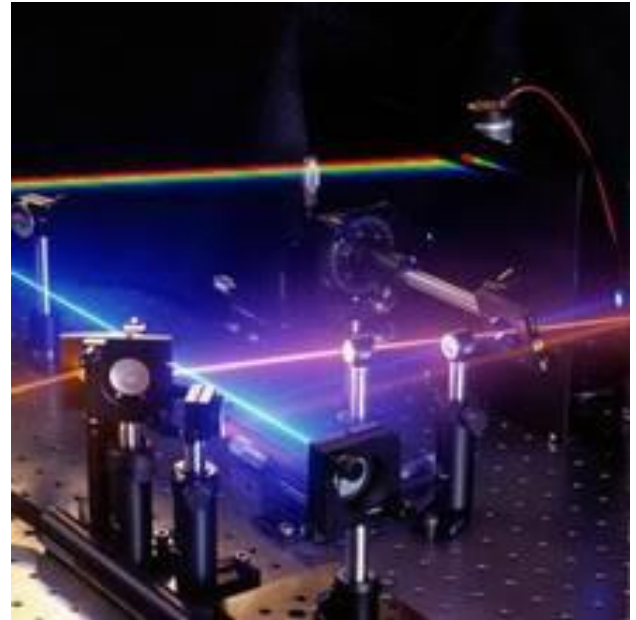
Le développement et les applications technologiques des matériaux passent par une bonne connaissance fondamentale de la physique qui régit leur comportement. La formation d'ingénieur civil physicien propose des enseignements généraux de

mécanique quantique, qui est ensuite appliquée à la modélisation de différents systèmes physiques fondamentaux, permettant progressivement de comprendre, modéliser et exploiter les propriétés de la matière.

Le but des enseignements de physique de la matière est de donner aux futurs ingénieurs physiciens une bonne connaissance de base des matériaux qui leur permettra de trouver leur place dans toutes les orientations des sciences de l'ingénieur. Les cours proposés se concentrent autour de la physique des semi-conducteurs, de l'état solide et de l'analyse de surface. Un enseignement sur la technologie des accélérateurs de particules, dispensé au CERN à Genève, est également au programme.

## 2. La photonique

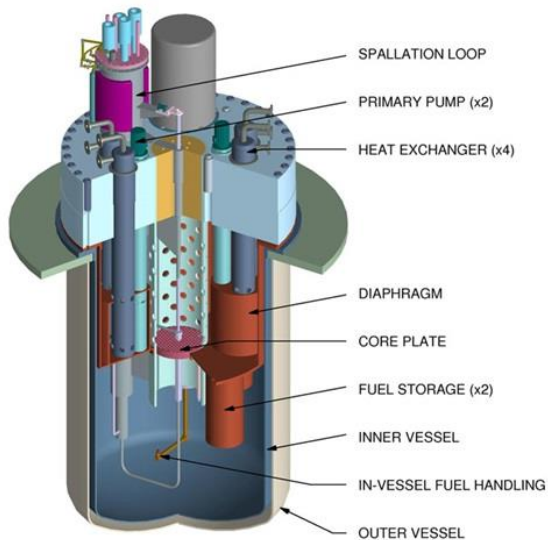
Depuis l'avènement du laser au début des années 60, les applications de l'optique dans les domaines scientifique et industriel se sont multipliées à un taux sans cesse croissant. La diversité actuelle de ces applications rend l'optique véritablement omniprésente dans le fonctionnement de la société moderne. Outre ses applications bien connues à la photographie et à l'imagerie (microscopie, télescopes, ...), la lumière sert d'outil pour l'usinage dans l'industrie mécanique et micro-mécanique, pour la photolithographie dans l'industrie micro-électronique ; de sonde permettant d'identifier la nature chimique d'échantillons, de lire et écrire des CD/DVD ; de support à l'information dans les systèmes optiques de communication ou simplement sur les écrans modernes à cristaux liquides ou diodes électroluminescentes.



Banc d'expérience d'optique non linéaire

Le but des enseignements d'optique à l'Ecole polytechnique de Bruxelles est de donner aux futurs ingénieurs physiciens les connaissances qui sont à la base de ces applications modernes de l'optique. Les sujets abordés dans les cours des deux années de master sont entre autres la physique des lasers (de puissance, à semi-conducteurs, impulsions) et des interactions lumière-matière, l'optique non linéaire et la photonique pour les systèmes de télécommunications. La théorie du codage et les aspects d'instrumentation liés à ces systèmes est également abordée.

## 3. Le génie nucléaire



Futur réacteur de recherche MYRRHA, SCK-CEN Mol

Depuis de nombreuses années, entre 55 et 60 % de la production d'électricité en Belgique provient de la filière nucléaire. Malgré la politique floue de la Belgique en matière énergétique, le parc nucléaire reste un élément fondamental de l'approvisionnement en électricité du pays, comme l'a montré le risque accru de blackout cet hiver, suite à l'indisponibilité de la moitié de la production. La gestion du parc de centrales et de l'ensemble du cycle nucléaire – de la fabrication du combustible au traitement des déchets radioactifs – et les contraintes écologiques modernes requièrent plus que jamais la formation de spécialistes en génie nucléaire. Dans le contexte belge d'extension de durée de vie de certaines centrales et de démantèlement d'autres, mais aussi dans un cadre international plus favorable. D'autre part, le Centre belge d'Etude de l'Energie Nucléaire (SCK-CEN situé à Mol en Campine) se prépare à construire un nouveau réacteur de recherche (MYRRHA), en relevant des défis technologiques inédits, pour lesquels les compétences en recherche

d'ingénieurs formés à l'ingénierie nucléaire s'avèrent incontournables.

Les enseignements proposés couvrent un large ensemble de disciplines : la physique et le fonctionnement des réacteurs nucléaires, la fiabilité des installations et la sûreté de la production, le combustible, la problématique énergétique,... Cette formation de deuxième cycle unique en Belgique francophone fait l'objet d'une large collaboration avec l'industrie et la recherche.

#### 4. La radioprotection et l'imagerie médicale

Les techniques nucléaires touchent d'autres secteurs que la production d'énergie, et notamment le domaine médical. Les connaissances en physique nucléaire, ainsi que dans les principes des détecteurs nucléaires et des techniques de mesure acquises au cours de la première année du master permettent ensuite d'accéder à des enseignements en dosimétrie et radioprotection, ainsi qu'à des cours dédiés aux principes physiques d'imagerie médicale, au traitement d'image et à l'application des radioéléments et rayonnements ionisants en médecine. Cette formation s'enrichit de cours consacrés aux effets biologiques des rayonnements ionisants et au cadre légal de la radioprotection.



Gamma knife, hôpital Erasme

Ces cours peuvent préparer au métier d'expert en radiophysique médicale.

#### 5. Les mathématiques appliquées

Le développement continu de l'informatique et des puissances de calcul disponibles a largement contribué à l'essor des mathématiques appliquées dans les sciences de l'ingénieur. Des problèmes de plus en plus réalistes peuvent ainsi être résolus numériquement dans tous les domaines de l'ingénierie, avec une très bonne précision et en des temps de calcul tout à fait acceptables. Si un vaste arsenal de méthodes numériques performantes est aujourd'hui disponible, l'adaptation de ces techniques aux problèmes concrets ainsi que le développement de nouveaux algorithmes nécessitent une bonne connaissance de base de l'analyse numérique. D'autres aspects des enseignements en cette matière couvrent l'estimation d'erreur, la stabilité des algorithmes, les méthodes de discrétisation,...

La nécessité accrue de rationaliser les activités industrielles a également contribué au recours systématique aux mathématiques appliquées en tant qu'outil de modélisation des processus, afin d'en améliorer les performances et la sûreté, et d'en optimiser l'opération. Une gamme de cours en analyse et régulation des systèmes industriels, mathématique de la gestion et optimisation est également accessible aux étudiants.

### Projets d'année, stages, activités hors université et MFE

Au cours des trois années de spécialisation, divers projets sont proposés aux étudiants dans le but de les introduire au monde de la recherche scientifique et technique, et de développer leur autonomie et leur esprit d'initiative dans un cadre similaire à celui qu'ils rencontreront au cours de leur vie professionnelle.

En BA bloc 3, les étudiants sont amenés à travailler sur la **résolution numérique** d'équations de la physique mathématique, tout en explorant de façon personnelle les applications de ces équations. Le projet proposé en MA1 consiste en un **travail réalisé en collaboration avec une entreprise** (Tractebel, Bel-V...), un **institut de recherche** (IRM, ERM, SCK•CEN...) ou un **institut de promotion de la physique** (Expérimentarium...). Ce projet à orientation industrielle d'ampleur limitée s'apparente à l'activité exercée par un jeune ingénieur débutant dans l'industrie. Pour les étudiants qui le désirent, il peut être effectué sous la forme d'un **stage** d'un mois pendant les vacances entre le BA bloc 3 et le MA bloc 1. Alternativement, le projet de **coopération au développement** est accessible aux étudiants. En MA bloc 2, le projet **chef d'équipe** est également accessible.

En MA bloc 1, les étudiants visitent une **centrale nucléaire** (Tihange), réalisent des **travaux sur simulateur** (Scaldis à Doel-Kalo) et sur **réacteur de recherche** (réacteur BR1 du SCK-CEN à Mol), et visitent d'autres infrastructures de recherche du SCK-CEN. Dans le cadre du cours sur les accélérateurs de

particules, les étudiants de MA bloc 2 peuvent suivre **une semaine de cours et de visites au CERN à Genève**.

Saviez-vous que le master ingénieur civil physicien est la formation de l'Ecole polytechnique qui compte **la plus grande proportion d'enseignants dont l'affiliation principale à l'extérieur de l'ULB**? Ils enrichissent ainsi leur enseignement de leur expérience professionnelle, au bénéfice de la qualité de la formation.

Il est également possible d'effectuer la **dernière année d'études à l'INSTN** (Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires, à Saclay ou Cadarache). Le MFE est alors réalisé dans le cadre d'un stage dans un laboratoire ou une industrie, aux USA ou en Europe.

Les étudiants désirant effectuer un **stage** au début de leur 2<sup>ème</sup> année de master sont soutenus et conseillés dans leurs démarches. Ce stage peut se dérouler en industrie ou dans un centre de recherche, en Belgique comme à l'étranger.

Les services attachés à la filière physique proposent chaque année un **vaste choix de sujets de MFE**. Ces propositions peuvent couvrir tant les thématiques de **recherche** de ces services, permettant aux étudiants de s'initier à cette démarche de recherche, que des projets en **industrie**.

---

## Langues d'enseignement

---

La formation d'ingénieur civil physicien ne fait jusqu'ici pas partie de BRUFACE. Cependant, le nombre de cours dont l'intitulé et les supports sont en anglais a augmenté de manière sensible ces dernières années. Ils sont susceptibles d'être enseignés en anglais si des étudiants non francophones s'y inscrivent.

De plus, certains cours du programme sont prêtés ou empruntés à des masters faisant partie de BRUFACE, et répondent donc au critère du 100% en anglais.

Et n'oublions pas que, dans le cadre des projets, stages, ou du MFE, la pratique de l'anglais ne sera jamais très loin...

---

## Personnes de contact pour les études

---

Prof. Pierre-Etienne LABEAU, [pelabeau@ulb.ac.be](mailto:pelabeau@ulb.ac.be), (02 650)2060

Prof. Jean-Marc SPARENBERG, [jmspar@ulb.ac.be](mailto:jmspar@ulb.ac.be), (02 650)5557