

# L'enseignement à l'École polytechnique

Alain Bamberger (68),  
*directeur général adjoint, chargé de l'Enseignement*  
 colonel Gaultier d'Andlau,  
*directeur de la Formation humaine et militaire*  
 Henri-Jean Drouhin (76),  
*directeur des Études*  
 Thanh-Tâm Lê (91),  
*directeur des Programmes masters*  
 Michel Rosso (69),  
*directeur de l'École doctorale de l'École polytechnique*

Au cours des premières années du <sup>xxi</sup>e siècle, le paysage de l'enseignement à l'École polytechnique a connu deux évolutions profondes :

- l'intégration du cycle ingénieur et de la formation complémentaire en un Cycle polytechnicien complet de quatre ans (réforme X2000) ;
- la mise en place d'une *Graduate School* regroupant master et doctorat, les deux cycles selon lesquels s'articule désormais, après la licence (*bachelor*), l'enseignement supérieur dans la majorité des universités européennes et mondiales.

**L**E CYCLE POLYTECHNICIEN, programme phare de l'École, se renforce et s'enrichit. Sa première phase (années 1 et 2) réaffirme la largeur du spectre et la solidité scientifique qui caractérisent l'ingénieur polytechnicien parmi les diplômés des meilleures formations internationales. Sa seconde phase (années 3 et 4) lui permet d'approfondir une discipline, un secteur, un métier dans un catalogue très élargi mais sélectif : écoles d'ingénieurs françaises en pleine modernisation, formations par la recherche et l'innovation, spécialisations choisies dans les universités partenaires à l'étranger ; cette phase bénéficie directement du développement des masters.

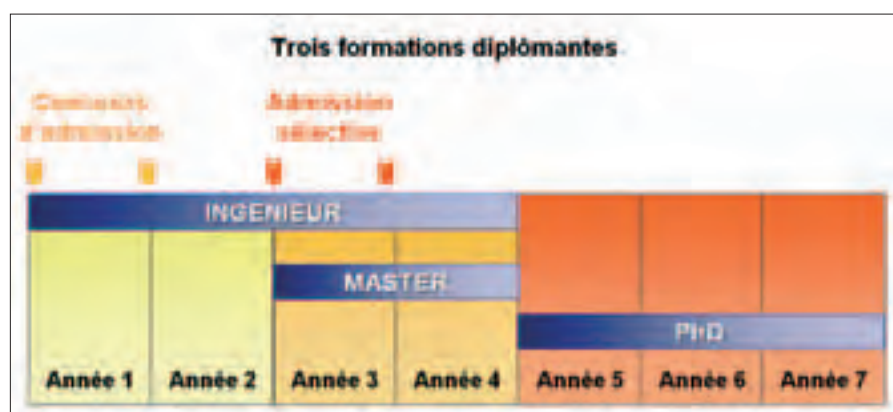
La *Graduate School* contribue à rendre l'École polytechnique, établissement profondément français, plus lisible au-delà des pays d'où pro-

viennent traditionnellement nos élèves étrangers. Les masters rassemblent sur deux ans plusieurs dizaines d'élèves polytechniciens optant pour une spécialisation de haut niveau et autant d'étudiants ayant déjà acquis une solide formation de base dans une grande université internationale. Ils forment un vivier de grande qualité

pour l'École doctorale ; inversement, la thèse étant la formation des experts par excellence dans de nombreux pays, le développement de nos masters est indissociable d'un cycle Doctorat toujours plus reconnu, auquel la vitalité et l'ambition du Centre de recherche du campus offrent l'environnement indispensable.

Ce sont ces deux piliers de l'École polytechnique d'aujourd'hui et de demain que nous présentons ici.

La formation « académique » s'appuie sur dix Départements enseignement et recherche : Biologie, Chimie, Informatique, Mathématiques,



Mathématiques appliquées, Mécanique, Physique, Sciences économiques, Humanités et sciences sociales, Langues et cultures et communication. Ces Départements regroupent par discipline tous les enseignants de l'École et tous les chercheurs de son Centre de recherche.

La formation générale humaine, militaire et sportive s'appuie sur la Direction de la formation humaine et militaire. Le site offre un large éventail d'installations sportives d'intérieur ou de plein air, accessibles à tous les élèves et étudiants.

## A) Le Cycle polytechnicien

La formation polytechnicienne a pour vocation de former :

- pour les entreprises, des cadres à fort potentiel ;
- pour la recherche, des chercheurs de haut niveau ;
- pour les services de l'État : de futurs hauts fonctionnaires aptes à aborder les aspects les plus novateurs de l'État de demain.

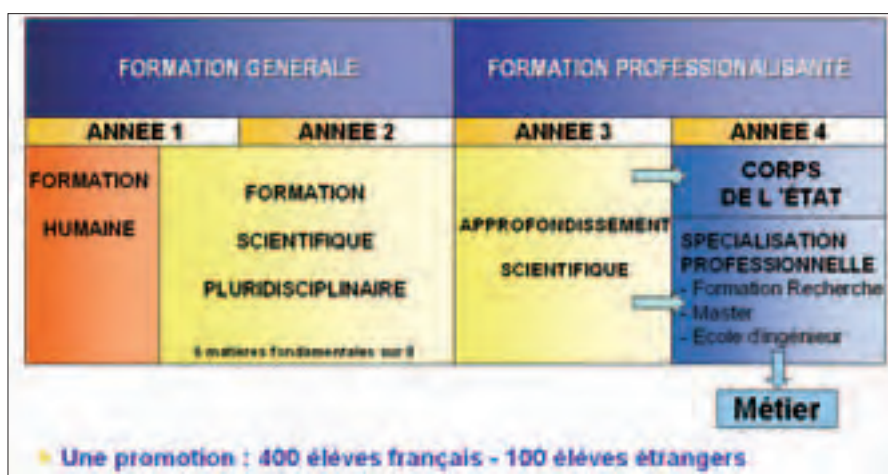
Il s'agit d'une formation d'ingénieur avec double diplôme en quatre ans :

- trois ans pour le titre d'ingénieur polytechnicien ;
- un an ou plus pour le second diplôme, permettant aux élèves d'entrer dans la vie professionnelle à la fin de leur contrat avec l'École avec une solide formation scientifique et technique et leur donnant tous les atouts pour pouvoir ensuite évoluer dans leur carrière.

Les axes stratégiques de la formation sont :

- une formation scientifique multidisciplinaire approfondie ;
- une formation humaine concrète avec une forte ouverture sur l'extérieur ;
- une compétence professionnelle s'appuyant sur l'acquis scientifique et des stages ;
- une exposition à l'international.

Cette formation est conçue pour des élèves sélectionnés très rigoureusement et disposant d'une vivacité d'es-



prit, d'une forte capacité de travail et d'une grande rapidité d'acquisition de connaissances.

La formation s'organise en deux phases de deux ans :

- une première phase généraliste qui combine une **formation scientifique** de haut niveau, fortement **multidisciplinaire**, et une formation humaine en contact avec les réalités sociales et qui fait de l'élève un « Gradué en ingénierie » ;
- une seconde phase articulante un **approfondissement scientifique** en année 3 et une **spécialisation professionnelle** en année 4.

Le titre d'ingénieur polytechnicien, couronnant les années 1 à 3, et un second diplôme d'ingénieur ou de master concluant l'année 4 permettent de délivrer le Diplôme de l'École polytechnique.

### Les stages et projets

La formation comporte quatre stages principaux donnant lieu chacun à rapport écrit et soutenance orale.

- Un stage initial de formation humaine de six mois.** Ce stage effectué dans les armées ou dans des organismes civils et, plus généralement, la formation humaine ont pour but :
- d'ouvrir les élèves à d'autres réalités, souvent en rupture avec leur milieu social et scolaire d'origine,
  - de développer les facultés d'adaptation, l'ouverture d'esprit, la capacité à se connaître soi-même,
  - d'apprendre à travailler en équipe,

- de développer le sens de l'encadrement et l'aptitude à communiquer,
- de développer le sens des responsabilités et de l'intérêt général,
- de développer la connaissance du milieu militaire pour les élèves français.

**Un stage de quatre semaines de connaissance de l'entreprise en fin d'année 2**, éventuellement couplé à un stage linguistique, et effectué à l'étranger pour plus de la moitié de la promotion.

**Un stage de recherche de trois mois ou plus en fin d'année 3**, effectué à l'étranger pour la moitié de la promotion.

**Un stage de fin de formation professionnelle en entreprise ou à l'étranger**, de quatre à six mois, achevant la période de formation complémentaire.

Les élèves doivent mener à bien :

- deux projets personnels significatifs par année d'études,
- tout au long de l'année 2, le Projet scientifique collectif (PSC) est un travail en commun sur une durée longue : les élèves se regroupent à leur initiative par groupe de cinq et choisissent un sujet avec un tuteur en entreprise ou laboratoire de l'École.

### La vie associative, culturelle et sportive

L'internat est obligatoire pour les élèves polytechniciens. Ils disposent de chambres individuelles, les « caserts », équipées du téléphone et d'une connexion Ethernet. Loger sur le cam-

pus permet aux élèves de participer à la vie de l'École. Deux bâtiments sont réservés aux élèves mariés.

Le campus abrite des logements pour plus de 1 000 élèves et étudiants et met à leur disposition de nombreuses salles destinées aux activités libres, artistiques et culturelles ainsi qu'aux réceptions.

Les élèves sont représentés par un bureau des élèves, la « Kès », élu par chaque promotion nouvellement arrivée sur le campus. La Kès gère les relations avec les enseignants, la direction et les anciens élèves et anime la vie des promotions.

Les élèves bénéficient d'une grande liberté d'initiative pour développer des activités culturelles, artistiques, sociales ou sportives à travers une centaine de clubs (binets).

La vie du campus est ponctuée d'événements culturels, de spectacles, de conférences, d'expositions et d'activités de toutes sortes. Ces manifestations sont généralement ouvertes au public.

### **L'année 4 de spécialisation professionnelle**

Jusqu'à la réforme X 2000, les ingénieurs polytechniciens diplômés à l'issue d'un cycle de trois ans étaient liés à l'État par un engagement de durée variable selon leur orientation professionnelle. Ceux qui souhaitaient compléter leur formation pouvaient ainsi opter soit pour deux années en école d'application (grande école française d'ingénieurs), soit pour un DEA suivi d'une thèse, soit pour une formation à l'étranger dûment acceptée par l'École. Les autres pouvaient, en fonction de leur classement de sortie, intégrer un Corps de l'État. L'une des évolutions majeures apportées par la réforme est l'intégration, en un cycle de quatre ans, de la formation d'ingénieur polytechnicien proprement dite et d'une formation à finalité professionnelle, réalisée généralement en grande école d'ingénieurs partenaire ou dans le cadre d'un mas-



Un enseignant au tableau.

ter en France ou à l'étranger. Le débouché vers les Corps reste naturellement accessible et encouragé.

### **Les formations d'ingénieur**

Au-delà de la formation généraliste et scientifique de l'École polytechnique, les cursus complémentaires proposés par les grandes écoles partenaires françaises permettent aux élèves d'acquérir une connaissance générale et une compréhension approfondie des sciences, des techniques et des applications industrielles plus spécifiques à un secteur ou à un métier.

Ces cursus de trois semestres comprennent généralement :

- le stage d'option qui conclut l'année 3 du cycle polytechnicien, réalisé la plupart du temps dans un laboratoire de recherche institutionnelle ou industrielle, sous la cotutelle de l'École polytechnique et de l'école partenaire qui accueille l'élève en année 4 ;
- la partie académique de l'année 4, fortement appuyée sur la seconde moitié du cycle ingénieur de l'école partenaire et complétée par des cours et projets spécifiques ;
- le stage de fin d'études, très majoritairement en entreprise.

Les formations d'ingénieur en partenariat sont actuellement organisées avec :

- d'autres grandes écoles franci-

liennes : huit membres de ParisTech (Chimie Paris, ENGREF, ENSAE, ENSTA, INA-PG, Mines de Paris, Ponts & Chaussées, Télécom Paris) et l'ENS Pétrole et Moteurs ;

- deux écoles du pôle mondial de compétitivité Aéronautique, Espace, Systèmes embarqués (AESE) (ENSEEIH, SUPAERO).

Les élèves peuvent aussi effectuer l'année 4 en dernière partie d'un cycle ingénieur à l'étranger, par exemple en Allemagne (RWTH Aachen, TU Karlsruhe, TU München, Uni Stuttgart...), en Espagne (UPM, UPC), en Italie (Politecnici Milano e Torino) ou en Suède (KTH).

### **Les formations de master**

Les élèves peuvent également effectuer l'année 4 dans le cadre d'un master en France ou à l'étranger.

- pour un master français, en particulier si l'École polytechnique en est un établissement cohabilité, c'est la seconde année (M2) qui tient lieu d'année 4 ;
- lorsque le master est réalisé dans une université étrangère, la durée générale est de trois à quatre semestres.

Une formation de master regroupe le plus souvent autour d'un thème, d'un secteur ou d'une discipline donnée des cours et projets d'approfondissement scientifiques et techniques,

des enseignements d'ouverture (langues, gestion de projet, connaissance de l'entreprise...) et un stage de quatre à six mois.

Le catalogue des formations autorisées au titre de l'année 4 comprend également un large éventail de masters en Belgique, Brésil, Canada, Chine, Espagne, États-Unis, Israël, Italie, Japon, Norvège, Pays-Bas, Royaume-Uni, Russie, Singapour, Suède, Suisse. L'offre catalogue est régulièrement remise à jour pour tenir compte de l'évolution du paysage universitaire international et de l'intérêt manifesté par les élèves.

Nombre d'élèves choisissant d'effectuer un master au titre de leur année 4, parmi lesquels la majorité de ceux qui entrent en M2 de l'École polytechnique, le font dans le cadre d'une formation par la recherche ; le master débouche alors généralement sur une thèse de doctorat ou un Ph.D.

### Les formations pour les Corps de l'État

Au cours de l'année 3, les élèves français peuvent poser leur candidature pour une admission dans un Corps de fonctionnaires dont le recrutement est assuré par l'École polytechnique. Les places offertes sont réparties en fonction du classement et de l'ordre de préférence exprimé par chaque candidat. Une fois sélectionnés, les élèves intègrent le Corps à la fin de l'année 3. Leur formation de spécialisation s'effectue alors sous le contrôle du Corps d'accueil et sous le statut de ce Corps.

## B) La Graduate School

Le cycle polytechnicien a démontré sa capacité à intégrer des étudiants internationaux de haut niveau. Néanmoins, l'harmonisation du nouvel espace européen de l'enseignement supérieur en licence/bachelor – master – doctorat (LMD) rend difficile l'attraction à l'École, pour les quatre ans du cycle ingénieur, des meilleurs étudiants issus des bachelors

européens ou américains. L'ambition d'accueillir de tels étudiants à haut potentiel conduit l'École à développer une offre complète de masters, en forte synergie avec le cycle polytechnicien qu'ils contribuent à enrichir en retour.

Le LMD et la mondialisation de l'économie, de l'enseignement supérieur et de la recherche confortent aussi la position du doctorat comme un diplôme international de référence. Il est vital d'irriguer le Centre de recherche du campus par un flux soutenu de doctorants d'excellence reconnue, issus des masters de l'École (ingénieurs polytechniciens compris) et des meilleurs masters internationaux.

Toutes les grandes universités mondiales rayonnent par leur offre aux niveaux master et doctorat. L'École polytechnique doit donc, conjointement à son cycle ingénieur, affirmer sa présence à travers la *Graduate School* afin de prendre pleinement place parmi les institutions internationales de référence.

### Programmes masters de l'École polytechnique

Dès 2001, soit trois ans avant la mise en place nationale du LMD, l'École polytechnique avait créé des spécialisations d'un an, les « Masters en innovation technologique ». Centrées autour d'un projet industriel et s'appuyant sur plusieurs laboratoires de l'École et leurs entreprises partenaires, elles accueillent de jeunes polytechniciens et des étudiants étrangers ayant déjà suivi quatre années d'études universitaires et pour lesquels le format du cycle ingénieur n'était pas adapté. Par ailleurs, l'École polytechnique participait à plus de trente DEA en cohabilitation avec d'autres Écoles (plateau de Saclay, ParisTech...) et de grandes universités franciliennes (Paris VI, Paris VII, Paris XI...). L'ouverture internationale de l'établissement, déjà bien engagée au sein du cycle ingénieur, rendait indispensable la création de programmes masters qui permettent, d'une part, de refondre l'héritage des anciens DEA

dans des cursus en deux ans bénéficiant également des cours de l'année 3 du cycle ingénieur et, d'autre part, de poursuivre l'effort engagé en 2001.

Les masters de l'École polytechnique proposent aujourd'hui un éventail de dix mentions et dix-neuf spécialités, en coopération avec ses partenaires des anciens DEA auxquels s'ajoutent désormais d'autres universités européennes. Si l'année M2 propose en majorité des spécialités « à finalité recherche », l'École exige un niveau et une densité comparables pour ses spécialités à finalité professionnelle. Le débouché des spécialités recherche n'est nullement limité aux carrières en recherche institutionnelle ; nombre de leurs diplômés sont embauchés directement en fin de master et, par ailleurs, plus de la moitié des docteurs de l'École s'orientent vers l'entreprise à l'issue de leur thèse. Les inscrits en master se répartissent à quasi-parité entre étudiants français et ressortissants étrangers, ainsi qu'entre élèves du cycle polytechnicien et étudiants provenant d'autres universités.

Les masters couvrent l'ensemble des principaux domaines du Centre de recherche de l'École en biologie, chimie, économie, gestion, informatique, ingénierie système, mathématiques « pures » et « appliquées », mécanique, physique. Le développement des années à venir se concentrera sur ceux pour lesquels l'École bénéficie d'une forte tradition et d'experts mondialement reconnus, mais aussi sur les « interfaces fertiles » d'où naît l'innovation et sur des spécialités émergentes comme les matériaux durables ou la fusion nucléaire.

### Formation doctorale

Le doctorat constitue le 3<sup>e</sup> cycle de formation dispensé par l'École. Il bénéficie de la longue tradition polytechnicienne d'exigence et de qualité.

Plus de cent doctorants commentent une thèse chaque année (dont 20 % environ en collaboration avec des entreprises), dans l'une des spé-

cialités du Centre de recherche de l'École ou d'établissements associés :

- Mathématiques et informatique,
- Mécanique,
- Molécules, du solide au vivant,
- Physique,
- Économie et sciences sociales.

La formation doctorale est prise en charge par l'École doctorale de l'X (EDX), qui a pour souci constant la qualité du diplôme de docteur de Polytechnique. Cela implique notamment :

- en premier lieu, bien évidemment, la qualité de la formation scientifique, assurée par le suivi des études et le contrôle de la soutenance des thèses par des comités d'experts ;
- un complément de formation extrascientifique, l'EDX assure ce rôle spécifique de formation en proposant aux doctorants des « enseignements complémentaires » qui répondent à plusieurs objectifs : compléter la culture scientifique, apprendre des techniques utiles, préparer l'insertion à l'issue du doctorat ;
- l'attraction de doctorants de qualité : cela suppose, au-delà de la qualité scientifique des laboratoires du campus, de faire une large publicité aux possibilités de thèse sur le campus et d'assurer aux doctorants, en particulier étrangers, un accueil de qualité.

Trois initiatives ont ainsi permis, en 2005, d'accueillir les nouveaux doctorants dans de bonnes conditions :

- l'organisation d'un « week-end d'accueil » ;
- une offre d'hébergement étendue dans des chambres d'élèves sur le campus de Palaiseau ;
- enfin, en faveur des doctorants étrangers, une facilitation des procédures administratives.

Parmi les sources possibles d'étudiants, le Cycle polytechnicien est bien entendu susceptible de fournir des étudiants de grande qualité : la Direction de l'École souhaite d'ailleurs qu'un nombre croissant de ses élèves entreprenne un doctorat après leurs études d'ingénieur. L'EDX propose donc



Remise des diplômes aux X 2001 en mars 2006.

chaque année aux polytechniciens issus d'un M2 « recherche » des allocations de thèse, et notamment les « allocations de recherche couplées avec un monitorat » (AMX) du ministère délégué à l'Enseignement supérieur et à la Recherche, ainsi que les allocations de thèse de la Délégation générale pour l'armement (DGA).

L'un des rôles des formations complémentaires proposées par l'EDX est d'ouvrir les doctorants au monde de l'entreprise. Deux formations sont plus précisément dispensées à cet effet : les « Doctoriales », stages de préparation des doctorants à l'après-thèse et, notamment, de découverte de l'entreprise, et la « Valorisation des compétences acquises pendant la thèse », nouvelle formation individualisée, devant permettre à chaque doctorant d'affirmer sa compétence professionnelle, subventionnée par le ministère de la Recherche et mise en œuvre par l'Association Bernard Grégory.

Une étude régulière permet de connaître la situation des docteurs deux ans après leur soutenance. Celle menée en 2005 a ainsi montré que la situation professionnelle est stabilisée pour les deux tiers des docteurs, le tiers restant étant en « postdoc ». Parmi les docteurs qui ont trouvé un emploi stable, plus de la moitié a été recrutée en entreprise. n