

ÉTUDE
COMPLÉMENTAIRE

1

**LES MATHÉMATIQUES DANS LES ÉCOLES D'INGÉNIEURS,
QUELQUES AUTRES GRANDES ÉCOLES ET INSTITUTS UNIVERSITAIRES**

PRÉAMBULE

Ce chapitre est structuré autour de deux parties.

Dans une 1^{ère} partie, un regard est porté sur les enseignements de mathématiques dans les écoles d'ingénieurs. On s'intéresse à la nature de ces enseignements, à leurs forces et faiblesses.

Tous les secteurs d'activité scientifique, technologique, financière et de gestion s'appuient aujourd'hui sur la puissance toujours croissante des ordinateurs et des logiciels qui les accompagnent : des outils mathématiques de plus en plus complexes s'introduisent ainsi, via l'informatique, dans les entreprises de toutes natures.

Cette tendance générale, qui va en s'accélégrant, requiert une évolution correspondante de la formation des ingénieurs. C'est pourquoi il a été considéré comme nécessaire de compléter l'évaluation des filières universitaires en "mathématiques appliquées" par une observation, de nature statistique, de l'enseignement mathématique dans les formations d'ingénieurs. 225 écoles d'ingénieurs sont reconnues par la Commission des titres d'ingénieur et offrent des parcours extrêmement diversifiés : certaines sont orientées vers la mécanique, la physique ou l'informatique, d'autres vers la biologie, l'agriculture ou l'armée, et même, parmi elles, une petite dizaine offre des filières spécialisées en mathématiques appliquées bien identifiées. Toutes ces spécialités utilisent beaucoup les mathématiques comme outil de travail.

Compte tenu de la diversité des écoles, l'objectif retenu a été d'apprécier globalement par voie d'enquête l'importance des mathématiques dans ces formations. Il est également apparu pertinent d'examiner les liens entre cet enseignement et l'informatique, en raison notamment du développement de la simulation numérique, précédant ou même remplaçant de plus en plus l'expérimentation dans le métier de l'ingénieur en raison de son moindre coût.

Une deuxième partie présente un éclairage sur quelques écoles qui offrent de solides formations en mathématiques appliquées. On trouve des écoles d'ingénieurs, quelques autres écoles ne relevant pas de la Commission des titres d'ingénieur comme 3 des ENS, l'ENSAE, l'ENSAI, ainsi que des instituts universitaires (ISUP, IFSA). Notons que certaines écoles d'ingénieurs sont, en fait, des formations universitaires d'ingénieurs : les experts du CNE en ont rencontré les responsables à l'occasion de l'évaluation des filières académiques ; il a été demandé à ces experts de noter leurs observations sur la situation des mathématiques dans ces établissements.

Aucune des trois universités de technologie n'a apporté de contribution à cette analyse (sauf l'Université de Compiègne dont les mathématiciens ont fait parvenir une réponse au questionnaire, mais trop tardivement pour être prise en compte).

I - ANALYSE GLOBALE DE L'ENSEIGNEMENT DES MATHÉMATIQUES DANS LES ÉCOLES D'INGÉNIEURS

1 - LA MÉTHODE

L'envoi de questionnaires aux écoles. Des questionnaires portant sur l'enseignement des mathématiques et de l'informatique dans les écoles d'ingénieurs ont été préparés au CNE et envoyés aux 225 établissements concernés avec le concours du Bureau des écoles d'ingénieurs à la Direction de l'Enseignement supérieur ; ce bureau assure aussi le secrétariat de la Commission des titres d'ingénieur.

Les informations ont été demandées en janvier 2000 et les derniers retours ont été reçus en juin 2000 ; une relance pour vérifier les réponses a eu lieu en novembre 2000.

Le repérage des filières distinctes dans les écoles. Parmi ces établissements, treize sont des écoles de spécialisation où la durée de la scolarité, très spécifique, est d'un an. Ils ne font pas partie explicitement du champ de l'enquête.

Les 212 autres écoles offrent environ 300 filières distinctes. Souvent, la scolarité comporte un tronc commun sur lequel se greffent des options ; la première année est en général commune à toute la promotion, et les filières apparaissent à partir de la seconde ou de la troisième année. Parfois, l'enseignement est organisé très librement en unités de valeur et l'année est validée lorsqu'un certain nombre d'unités à été obtenu.

Enfin, une formation peut recevoir un nom identique dans deux sites distincts et se dérouler selon deux cursus très différents, ce qui complique les analyses. Cette grande variété n'a été que partiellement cernée par le questionnaire et par les enseignants qui les ont remplis.

Parmi les 300 filières que l'on peut recenser, 291 ont été renseignées par les écoles. Dans les réponses à l'enquête, une partie des informations s'est avérée trop incomplète et n'a pu être exploitée pour les raisons expliquées plus haut.

Par souci d'homogénéité, il a été convenu de ne garder dans l'étude (sauf l'École de l'Air de Salon-de-Provence et l'École polytechnique) que les filières dont le total annuel des heures annoncées en 1^{ère} année était supérieur à 500 h ; cela représente en tout 173 filières.

Le regroupement des filières autour de spécialités. Les écoles offrant souvent des filières hétérogènes avec des intitulés variés, on a classé les filières repérées dans les différentes écoles à l'intérieur de 15 spécialités nommées ci-après.

Spécialité de la filière	Nombre de filières	Spécialité de la filière	Nombre de filières
Mathématiques	6	Informatique de réseaux, communication, traitement du signal	18
Informatique	13	Photonique, optronique	2
Informatique et mathématiques	5	Génie physique, aéronautique, espace	5
Mécanique, génie mécanique, thermique	12	Chimie, génie chimique, matériaux	20
Électronique, électrotechnique, automatique, génie électrique	33	Génie biologique	6
Électromécanique, mécatronique	3	Agriculture, agronomie, environnement	8
Génie des procédés	25	Génie civil, sciences de la terre, mines	11
		Armée	6
		TOTAL	173

Difficultés rencontrées par rapport au regroupement. Notons que pour le traitement statistique des effectifs d'enseignants (on se reportera au paragraphe 5 suivant), nous n'avons pas pu adopter le regroupement ci-dessus et ce, essentiellement pour deux raisons :

- d'abord un enseignant pouvant effectuer son service dans différentes filières, il a été nécessaire de créer une ligne appelée "pluridisciplinaire" à l'intention de ceux que l'on ne pouvait manifestement pas affecter à une filière homogène ;
- ensuite, certaines des catégories ci-dessus correspondent à des effectifs trop réduits, ce qui aurait nuit à la lecture des chiffres.

Nous avons donc adopté un regroupement différent pour les filières en réduisant leur nombre. De 173 filières, on est passé à 143 filières pour lesquelles les informations recueillies sur les enseignants étaient exploitables. Ceci a permis de dessiner un profil des personnels dans les écoles d'ingénieurs (on se reportera au tableau du paragraphe I-5).

Enfin, les enseignements par unité de valeur n'ont pas été présentés ici faute d'un nombre suffisant de réponses obtenues dans chaque spécialité.

2 - LES PRINCIPAUX RÉSULTATS

L'enseignement des mathématiques et de l'informatique dans le tronc commun

Les mathématiques. Globalement, l'enseignement des mathématiques reste important en première année des écoles d'ingénieurs puisque le nombre moyen d'heures représente 16% du total des cours, mais ce pourcentage tombe à 10% en seconde année et à 6% en troisième année.

L'informatique. L'enseignement de l'informatique est un peu plus faible en première année avec 15,5% du total des heures de cours, mais il se maintient à 16% en seconde année et s'élève à 20% en troisième année.

Nombre moyen d'heures du tronc commun	1 ^{ère} année	2 ^{ème} année	3 ^{ème} année
En mathématiques	144	74	19
En informatique	141	120	67
Toutes disciplines	911	742	335
Nombre moyen d'étudiants par année	87	80	71

L'enseignement des mathématiques et de l'informatique en option. Si le nombre d'heures optionnelles offertes en mathématiques est appréciable en 2^e et 3^e années, en revanche le nombre d'étudiants intéressés reste très faible, indépendamment des inévitables effets d'échelle associés à la petite taille de certains groupes.

Nombre moyen d'heures en option	1 ^{ère} année	2 ^{ème} année	3 ^{ème} année
En mathématiques	3	12	29
En informatique	4	14	43
Toutes disciplines	17	69	138
Nombre moyen d'étudiants qui suivent des options mathématiques	2	6	5

3 - INFLUENCE DE LA SPÉCIALITÉ DE LA FILIÈRE SUR L'ENSEIGNEMENT DES MATHÉMATIQUES ET DE L'INFORMATIQUE

Les moyennes ci-dessus cachent de grandes disparités entre les filières, comme le montre le tableau suivant :

Nombre moyen d'heures du tronc commun	Mathématiques			Informatique			Toutes disciplines		
	Année 1	Année 2	Année 3	Année 1	Année 2	Année 3	Année 1	Année 2	Année 3
<i>Spécialité de la filière</i>									
Mathématiques	372	294	81	226	147	73	1095	868	371
Informatique	215	105	39	440	480	394	1032	870	597
Informatique et mathématiques	289	267	71	343	302	87	975	739	391
Mécanique, génie mécanique, thermique	145	53	2	67	59	19	973	765	227
Électronique, électrotechnique, automatique, génie électrique	133	69	20	146	116	69	857	738	313
Électromécanique, mécatronique	123	17	0	82	58	50	868	395	150
Génie des procédés	125	59	8	77	66	22	894	743	291
Informatique réseaux, communication, traitement du signal	169	70	24	235	194	113	897	657	277
Photonique, optronique	136	94	20	116	102	40	957	964	448
Génie physique, aéronautique, espace	119	66	20	86	78	8	872	844	463
Chimie, génie chimique, matériaux	70	28	19	59	28	9	953	730	433
Génie biologique	87	21	5	64	41	16	996	593	335
Agriculture, agronomie, environnement	82	43	2	56	17	0	873	749	276
Génie civil, sciences de la terre, mines	141	76	5	57	53	0	910	770	283
Armée	117	47	10	36	28	6	564	710	184

On repère un premier groupe de spécialités dans lequel l'ensemble mathématiques-informatique représente sensiblement un tiers de l'enseignement. Il s'agit de mathématiques, d'informatique et, à un degré moindre, d'informatique des réseaux-communication.

Dans les autres spécialités, la part des mathématiques n'atteint pas 10%. C'est notamment le cas des filières orientées vers la chimie ou la biologie.

En informatique, les disparités sont encore plus grandes et l'on souligne la faiblesse de l'enseignement informatique dans des filières où le développement des simulations informatiques est particulièrement important, comme en génie physique, aéronautique et espace, ou encore en mécanique, génie mécanique, thermique.

4 - DISCIPLINES MATHÉMATIQUES ENSEIGNÉES

La question se pose de savoir quelle est la nature des mathématiques enseignées : mathématiques de base dans le prolongement des mathématiques spéciales enseignées en classe préparatoire, ou mathématiques orientées vers les applications et les simulations informatiques ? Du tableau suivant, se dégagent des éléments de réponses.

La répartition du nombre moyen d'heures équivalent travaux dirigés (EQTD) de mathématiques par spécialité de filière, y compris les options, selon les grandes disciplines de mathématiques et de mathématiques appliquées se présente ainsi :

Spécialité de la filière	Maths de base	Analyse numérique calcul scientifique	Traitement du signal	Probabilités et statistique	Maths discrètes	Optimisation contrôle	Autres Maths	Total Maths
Mathématiques	285	334	132	231	66	92	64	1204
Informatique	73	53	135	64	34	60	29	448
Informatique et mathématiques	165	172	46	182	56	80	0	701
Mécanique, génie mécanique, thermique	88	77	31	47	13	9	10	0
Électronique, électrotechnique, automatique et génie électrique	72	46	144	40	7	24	26	359
Électromécanique, mécatronique	50	33	174	34	40	14	13	358
Génie des procédés	66	50	77	46	6	18	8	271
Informatique réseaux, communication, traitement du signal	64	30	90	77	42	31	20	354
Photonique, optronique	59	22	102	63	0	0	56	302
Génie physique, aéronautique, espace	95	57	99	59	0	1	4	0
Chimie, génie chimique, matériaux	44	27	71	42	4	26	13	227
Génie biologique	42	26	19	54	0	4	6	151
Agriculture, agronomie, environnement	61	21	20	135	9	0	14	0
Génie civil, sciences de la terre, mines	71	94	30	95	29	21	17	357
Armée	371	50	84	167	16	25	9	722
MOYENNE - TOUTES DISCIPLINES	87	60	88	71	18	27	19	370

Le profil des enseignements toutes spécialités confondues. Si l'on considère le nombre moyen d'heures (EQTD) de mathématiques selon les grandes disciplines de mathématiques, on constate que, globalement, les outils mathématiques de base représentent le quart des enseignements.

Le traitement du signal représente aussi le quart des enseignements. Viennent ensuite les probabilités et la statistique avec 19%, le calcul scientifique avec 16%. Les mathématiques discrètes et l'optimisation restent peu enseignées : elles ne représentent ensemble que 12% du total.

Le profil des enseignements par spécialité

Les filières mathématiques, informatique enseignent beaucoup de mathématiques, et souvent un large spectre des mathématiques appliquées, avec une dominante en analyse numérique et calcul scientifique. Il faut noter une restriction concernant les filières spécialisées en informatique, qui sont un peu moins préoccupées par les mathématiques de base et l'analyse numérique.

La filière de la spécialité "Armée" offre une formation très importante en mathématique de base ; marquée par le poids de l'école polytechnique, elle pourrait se rattacher à ce groupe.

Les filières relevant de la physique, (électronique, électrotechnique, automatique, génie électrique, électromécanique, mécatronique, génie des procédés généralistes, informatique des réseaux, communication, traitement du signal, photonique, optronique, génie physique, aéronautique, espace) présentent une dominante en automatique et traitement du signal (qui peut atteindre 50% de l'enseignement des mathématiques) suivi par un enseignement de mathématiques de base (un peu plus de 20%).

La filière mécanique, génie mécanique, thermique est l'une de celles où l'enseignement mathématique est des plus réduits et aussi le plus orienté vers les mathématiques de base et le calcul scientifique, (EDP), conformément à une tradition des écoles de mécanique.

Les filières relevant de la chimie, des sciences de la terre ou de la biologie (chimie, génie chimique, matériaux, génie biologique, agriculture, agronomie, environnement, génie civil, sciences de la terre, mines) se caractérisent par l'importance de l'enseignement des probabilités et de la statistique, particulièrement utiles dans ces domaines.

5 - LES ENSEIGNANTS

Comme nous l'avons expliqué au paragraphe 1, nous avons procédé à un regroupement un peu différent des filières pour mettre en évidence les statistiques sur les enseignants. Le tableau ci-après présente le détail du nombre de catégories de filières regroupées.

Spécialités regroupées	Nombre de filières
Informatique, mathématiques = Mathématiques + Informatique + Informatique et mathématiques	13
Mécanique, électromécanique = Mécanique, génie mécanique, thermique + Électromécanique, mécatronique	9
Électronique, automatique, photonique = Électronique, électrotechnique, automatique, génie électrique + Photonique, optronique	20
Informatique de réseaux, communication, traitement du signal	9
Armée, aéronautique, espace = Armée + Génie physique, aéronautique, espace	7
Chimie, matériaux, procédés = Génie des procédés + Chimie, génie chimique, matériaux	28
Génie biologique, génie civil = Génie biologique + Agriculture, agronomie, environnement + Génie civil, sciences de la terre, mines	12
Pluridisciplinaire	45
TOTAL	143

Effectifs en postes par statut et spécialité

Spécialités regroupées	25 ^e section	26 ^e section	27 ^e section	Autres sections	2 nd degré	Ingénieurs	ATER	Autres	Total
Informatique, mathématiques	2	19	14	10	3	1	4	2	55
Mécanique, électromécanique	0	5	3	31	3	0	5	6	53
Électronique, automatique, photonique	0	2	0	11	2	7	1	2	25
Informatique réseaux, communication, traitement du signal	0	0	4	7	18	0	1	0	0
Armée, aéronautique, espace	2	0	6	6	1	6	0	2	23
Chimie, matériaux, procédés	5	7	7	34	9	0	2	4	68
Génie biologique, génie civil	0	1	1	21	3	3	0	0	29
Pluridisciplinaire	3	38	11	24	4	0	4	1	85
TOTAL	12	72	46	144	43	17	17	17	338

Ce tableau montre que les mathématiques sont enseignées dans les écoles d'ingénieurs principalement par des professeurs issus d'autres spécialités que les mathématiques.

Ceci est confirmé par les commentaires relevés fréquemment sur les réponses aux questionnaires indiquant, par exemple, que le professeur de théorie du signal commence son cours par des rappels mathématiques indispensables à la compréhension de sa discipline. Les enseignants universitaires mathématiciens (25^e et 26^e sections), représentent moins du quart du total des intervenants.

Effectifs extérieurs ou vacataires par statut et spécialité

Spécialités regroupées	25 ^e section	26 ^e section	27 ^e section	Autres sections	2 nd degré	Ingénieurs	ATER	Autres	Total
Informatique, mathématiques	1	25	5	9	3	4	2	9	58
Mécanique, électromécanique	1	4	0	19	0	1	1	27	53
Électronique, automatique, photonique	0	1	0	12	9	22	2	2	48
Informatique réseaux, communication, traitement du signal	3	0	0	0	0	1	0	0	0
Armée, aéronautique, espace	0	0	0	4	0	2	0	3	9
Chimie, matériaux, procédés	7	2	2	8	7	5	1	5	37
Génie biologique, génie civil	0	3	0	4	0	0	0	3	10
Pluridisciplinaire	3	5	0	4	1	1	0	0	14
TOTAL	15	40	7	60	20	36	6	49	229

Ce tableau montre des tendances semblables à celles du tableau précédent. Les enseignants universitaires mathématiciens (25^e et 26^e sections) qui interviennent en vacance représentent moins du quart total des intervenants.

Par ailleurs, les ingénieurs représentent 15% des effectifs extérieurs en écoles d'ingénieurs et, sur un total de 567 enseignants en écoles d'ingénieurs (effectifs en postes et effectifs extérieurs), 40% sont des enseignants extérieurs ou vacataires.

6 - LA RECHERCHE EN MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES

La recherche en mathématiques appliquées est en général assez réduite et peu structurée dans les écoles d'ingénieurs, sauf dans un petit nombre d'entre elles.

Environ 75% des écoles ne mentionnent pas de laboratoire d'accueil ; 15% indiquent que moins de 5 mathématiciens font une recherche en laboratoire et 10% environ peuvent affirmer que plus de 5 mathématiciens font une recherche en laboratoire.

La recherche se situe surtout là où existe une filière de formation en mathématiques appliquées et dans les écoles rattachées à des universités ; ailleurs, elle se limite au mieux à une activité individuelle.

Les enseignants-chercheurs permanents d'une école motivés par la recherche se dispersent dans différentes équipes des universités voisines et le potentiel sur place reste réduit.

7 - SYNTHÈSE DE CES OBSERVATIONS

L'enseignement des mathématiques semble bénéficier d'un volume d'heures globalement satisfaisant, sauf peut-être dans les filières spécialisées en mécanique ou en informatique des réseaux. Toutefois, peu d'écoles envisagent un accroissement ou une réforme de cet enseignement.

Cet enseignement reste très centré sur les mathématiques de base et le traitement du signal : majoritairement inspiré par l'esprit des classes préparatoires, il pourrait s'ouvrir davantage aux applications, en faisant une plus grande place aux mathématiques discrètes et à l'optimisation.

La répartition des enseignants de mathématiques montre qu'une part importante de cet enseignement est assurée par des non spécialistes mathématiciens. Elle est considérée à la fois comme une force et une faiblesse. Une force si l'utilité de l'outil mathématique est présentée dans le cadre d'une application motivante, une faiblesse si sa présentation ne relève que de la recette toute faite et ne permet pas de dégager les principes et les limites de la modélisation sous-jacente.

La proportion d'enseignants du second degré ainsi que la forte présence de non mathématiciens ne favorisent pas le développement de la recherche. Les mathématiques appliquées sont précisément dans des sites où elle devrait naturellement s'épanouir. Le dynamisme des formations en mathématiques serait certainement renforcé si celles-ci parvenaient à accueillir un plus grand nombre de mathématiciens professionnels de l'enseignement et de la recherche, motivés par le métier d'enseignant-chercheur en école d'ingénieurs, et prêts à en prendre en compte la spécificité.

L'enseignement de l'informatique reste préoccupant par la faiblesse du volume horaire. Il lui est consacré en seconde et troisième années dans de nombreuses filières qui ne sont pas vouées à cette discipline. Son développement est souhaitable, en liaison forte avec l'apprentissage des mathématiques de la modélisation et de la simulation, pour mieux répondre aux besoins des entreprises. Toutefois, il se peut que cet enseignement soit renforcé par l'apport de compléments dans le cadre de TP effectués dans d'autres disciplines, ce que l'enquête n'a pas pu mesurer.

L'irrigation de l'enseignement en mathématiques appliquées par l'activité de recherche a plus souvent lieu par le canal des universités environnantes qu'au sein même des écoles ayant répondu à l'enquête.

II - QUELQUES ÉCOLES D'INGÉNIEURS POSSÉDANT UNE FILIÈRE BIEN IDENTIFIÉE ORIENTÉE VERS LES MATHÉMATIQUES

1 - L'ENSIMAG (ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'INFORMATIQUE ET DE MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES DE GRENOBLE)

Cette école, créée en 1960, forme actuellement 150 ingénieurs par an, sélectionnés essentiellement sur concours MP (une dizaine recrutés après la maîtrise, en 2^e année ; une "année spéciale" recrute une dizaine d'étudiants ayant déjà un diplôme d'ingénieur). En 1^{ère} année, les élèves ingénieurs suivent un tronc commun comprenant des mathématiques appliquées et de l'informatique à parts égales.

En 2^e année, les futurs mathématiciens sont formés dans une option "génie mathématique" avec du calcul scientifique et des mathématiques de la décision, puis en 3^{ème} année ils se répartissent dans les options finance, calcul scientifique, organisation et mathématiques appliquées.

L'enseignement des mathématiques est dispensé par une douzaine d'enseignants-chercheurs. Une part importante des élèves suit au cours de cette année l'un des DEA grenoblois.

Cette école jouit d'un grand prestige, et les débouchés sont assurés à de très bons niveaux de salaire. Elle a de nombreux contacts avec l'industrie, bien sûr, et les universités étrangères (USA, programmes BRITE).

Il faut noter l'importance (dans les options de MA) de l'option "finance", qui regroupe 25 élèves chaque année : c'est sans doute la plus ancienne formation de ce type en France (elle date de 1987), et elle a un grand succès auprès des banques.

2 - L'ENSEEIH (ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ÉLECTROTECHNIQUE, D'ÉLECTRONIQUE, D'INFORMATIQUE ET D'HYDRAULIQUE DE TOULOUSE)

L'École nationale supérieure d'électrotechnique, d'électronique, d'informatique et d'hydraulique de Toulouse, au sein de l'Institut national polytechnique de Toulouse propose une filière, Informatique et mathématiques appliquées, de 70 places au recrutement des ENSI ainsi qu'une formation spécialisée de 10 à 20 places. Cette filière, essentiellement centrée sur l'informatique et le calcul haute performance, bénéficie d'une excellente réputation. 85 à 90% des étudiants qui y entrent se destinent à l'informatique, mais le cursus reste mixte informatique, mathématiques appliquées, avec une orientation de ces dernières sur signal, optimisation, contrôle, problèmes inverses.

Trois professeurs et quatre maîtres de conférences mathématiciens sont rattachés à l'école.

Une proportion importante des étudiants attirés par les mathématiques appliquées continue en DEA et thèse, mais ils le font via le DEA Programmation, systèmes et algorithmes de l'ENSEEIH et sont rattachés à l'IRIT, le laboratoire d'informatique de l'Université Paul Sabatier. Les mathématiques appliquées de l'ENSEEIH sont donc pratiquement coupées des autres mathématiques appliquées de Toulouse, mais cohabitent avec l'informatique et ont par ailleurs de nombreuses collaborations industrielles (CNES, Aérospatiale, Elf, Cerfacs).

3 - L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

L'École polytechnique forme un flux annuel global de l'ordre de 450 à 480 diplômés ingénieurs.

Les élèves suivent 1 000 h de cours scientifiques sur 3 ans (hors projets, sciences humaines, etc.) ; le tiers en moyenne de ce volume horaire relève des mathématiques, mathématiques appliquées ou informatique théorique.

La proportion de ces derniers enseignements est élevée au début de la scolarité de l'élève ingénieur, puis décroît au fur et à mesure de l'avancement dans le cursus, sauf pour les élèves qui se spécialisent dans ces filières. La frontière est volontairement floue entre les disciplines enseignées afin de privilégier les approches pédagogiques pluridisciplinaires.

La population moyenne suivant une filière mathématique théorique est de 15 à 20 élèves par an. Elle est de 50 à 60 par an en informatique, et de l'ordre de 60 à 80 par an en mathématiques appliquées. Pour les formations doctorales et thèses, on trouve en moyenne chaque année 8 élèves en DEA et 3 en thèse pour les mathématiques pures, et 20 en DEA, puis 12 en thèse pour les mathématiques appliquées, et des chiffres similaires en informatique.

Le nombre d'enseignants en mathématiques s'élève :

- pour la 25^e section, à 8 professeurs à temps plein de niveau 1^{ère} classe ou plus, 6 chercheurs résidents de rang A enseignant à mi temps, et 25 professeurs extérieurs à temps partiel ;
- pour la 26^e section, à 3 professeurs à temps plein de niveau 1^{ère} classe ou plus, 5 professeurs juniors, 4 chercheurs résidents de rang A enseignant à mi temps, et 25 professeurs extérieurs à temps partiel.

L'organisation de l'enseignement est structurée en 10 départements. Pour ce qui concerne les mathématiques, on compte deux départements, l'un de mathématiques, l'autre de mathématiques appliquées. à ces départements sont adossés 3 puissants laboratoires, UMR associées avec le CNRS : le Centre de mathématiques, le Centre de calcul formel (GAGE) et le Centre de mathématiques appliquées.

4 - LES FORMATIONS UNIVERSITAIRES D'INGÉNIEUR

Le CUST (Centre universitaire des sciences et techniques) de l'Université Clermont-Ferrand II. Le centre forme 200 ingénieurs par an recrutés en première année à bac+2. Il comporte 5 spécialités dont une seule est à dominante mathématique (génie mathématique et modélisation).

Les études durent 3 ans avec un projet par an. Les mathématiques constituent un tiers des enseignements dans les deux premières années. Des ingénieurs en activité interviennent dans les enseignements de troisième année.

C'est une formation d'ingénieur généraliste avec une forte compétence en recherche opérationnelle. Les élèves n'ont pas de difficulté à trouver un emploi à la sortie de cette école et la moitié d'entre eux obtient un poste correspondant bien au domaine de compétence.

L'ISPG (Institut supérieur polytechnique Galilée) de l'Université Paris XIII. L'ISPG a quatre spécialités : matériaux, télécommunications, mathématiques appliquées au calcul scientifique (MACS), ingénierie logicielle. Sauf pour la filière MACS, la part des mathématiques reste faible : 150 heures.

En filière MACS, cette part est largement majoritaire, et, pour l'essentiel, en mathématiques appliquées. L'équipe enseignante est formée d'enseignants-chercheurs, de 26^e section pour la plupart, en fonction à l'école à temps partiel, et d'intervenants extérieurs. Les enseignants-chercheurs effectuent leurs recherches au Laboratoire analyse, géométrie et applications - LAGA, ce qui assure une bonne connexion de la formation avec la recherche.

Habilitée depuis 1993, cette spécialité offre deux options de 3^e année : ingénierie mécanique et ingénierie financière. Les promotions sont volontairement stabilisées pour l'instant autour de 20 étudiants venant des CPGE (10 places) et DEUG (12 places sur dossier). En seconde année, 3 admissions ont lieu sur dossier après entretien. En additionnant les différents projets sur les trois années, on peut estimer à 75% la part mathématiques appliquées de la formation (hors stage industriel).

Durant les 2 premières années, les bases d'analyse, de méthodes numériques, de probabilités et statistique sont dispensées et consolidées. Les cours spécialisés de troisième année conduisent aux deux options. Les stages industriels de fin d'études (4 à 6 mois) portent sur des problématiques relevant des options. L'informatique a, bien sûr, une part importante dans la formation, elle intervient de façon permanente et pratique dans tout le cursus. Le parc informatique est celui de l'Institut Galilée, globalement satisfaisant. L'accès à de gros logiciels se fait aussi lors des stages. Les logiciels locaux en probabilités et statistique demeurent cependant assez pauvres. La formation pratique est acquise au cours de projets d'étude portant sur des problèmes numériques et de stages en entreprise qui occupent une part importante de la formation.

Après quelques années difficiles, les embauches sont maintenant extrêmement rapides, voire immédiates à l'issue du stage. Toutes promotions confondues, 28% des diplômés travaillent en secteur MACS, 28% en secteur informatique, 11% en secteur financier, et environ 33% en divers, dont poursuite d'études. La tendance actuelle se dessine vers des recrutements pour moitié dans le secteur banques-finances-assurances, avec des salaires d'embauche attractifs. Quelques étudiants en nombre de plus en plus réduits effectuent une formation complémentaire, type DEA, suivie alors le plus souvent d'une thèse en secteur industriel.

En conclusion, cette formation d'ingénieur est de qualité et de bon niveau, elle est originale par son option ingénierie financière. Dans la période actuelle, les débouchés très faciles devraient conduire à un accroissement significatif des promotions entrantes.

MATMECA (école d'ingénieurs en modélisation et mécanique) à l'Université Bordeaux I. Intégrée à l'université (art. 33 des EPCSCP), créée en 1998, elle a diplômé une première promotion d'une vingtaine d'étudiants. Actuellement, le flux a atteint 50 étudiants par an, dont 35 sortent des classes préparatoires aux grandes écoles.

Elle compte une seule filière, totalisant 1 887 h sur 3 ans ; fortement spécialisée sur cette filière, elle acquiert une image de marque dans ce domaine de compétences. Elle souhaite ne pas opposer mathématiques à mécanique, mais tourner les outils mathématiques vers les applications mécaniques en prenant soin de dispenser une culture mathématique et scientifique solide. La composante théorique des enseignements est conséquente. Il n'y a aucun enseignement de l'approche stochastique, ce qui est sans doute regrettable pour des ingénieurs.

Elle s'appuie sur l'UFR de Mathématiques, mais bien davantage sur le laboratoire de Mécanique dépendant de l'UFR de Physique. Les responsables regrettent qu'aucun recrutement d'enseignant ne soit fléché sur cette école, dont la spécificité n'est ainsi pas reconnue à ce niveau.

Tous les premiers diplômés ont trouvé facilement un emploi à la sortie.

5 - LES INSA (INSTITUTS NATIONAUX DE SCIENCES APPLIQUÉES)

Ils sont au nombre de quatre, situés à Lyon, Rennes, Rouen, Toulouse. Tous recrutent les élèves après le baccalauréat, avec un recrutement complémentaire en 3^e année. Les études sont de 5 ans. Seuls, deux d'entre eux ont une filière en mathématiques : Rouen et Toulouse.

L'INSA de Lyon. Il accueille environ 800 élèves par an, répartis dans dix départements. Ces départements agissent comme autant d'écoles quasi indépendantes. Mais il n'y a pas à Lyon de département de mathématiques ou proche des mathématiques.

En premier cycle (bac + 1 et bac + 2), les élèves suivent un total approximatif de 410 heures de mathématiques. En 2^e cycle, le nombre d'heures de cours de mathématiques est extrêmement variable suivant les départements : de 60 h à 280 h. Il y a par ailleurs des projets transversaux (non comptés ici) où parfois les mathématiques apparaissent, et enfin beaucoup d'enseignements difficiles à classer.

En tout, on dénombre à l'INSA à peu près 14 000 heures de mathématiques équivalent TD assurées par 10 enseignants de 26^e section, dont 3 professeurs, 15 agrégés de mathématiques ainsi que des non mathématiciens. L'enseignement des mathématiques est centralisé dans un Centre de mathématiques, structure ayant un petit budget propre, mais ne gérant pas les postes.

Tous les enseignants-chercheurs de mathématiques et 2 agrégés appartiennent à MAPLY, laboratoire de mathématiques appliquées de Lyon, UMR 5585 avec le CNRS, l'Université Claude Bernard de Lyon I, l'école centrale de Lyon et l'INSA de Lyon.

L'INSA de Rennes. Les flux y sont les suivants : chaque année, 216 bacheliers entrent en 1^{ère} année. Ils sont rejoints en 3^e année par des étudiants issus des DEUG, IUT ou des classes préparatoires aux grandes écoles pour porter l'effectif à 280.

Le cursus est le même pour tous les élèves pendant les deux premières années. Les volumes horaires de mathématiques générales sont de 216 heures en 1^{ère} année et 182 heures en 2^e année. Il faut y ajouter 70 heures de mécanique enseignée par les mathématiciens.

Ensuite, les élèves se répartissent dans 6 départements différents, aucun ne relevant des mathématiques. Les programmes et l'organisation de l'enseignement des mathématiques sont très variables d'un département à l'autre et on ne peut raisonner que de manière globale sur les 3 années de formation d'ingénieur.

Ainsi, les volumes totaux d'enseignement en mathématiques par étudiant sur les 3 ans s'élèvent à un peu moins de 200 h en génie civil et urbanisme, génie physique et génie électrique, mais chutent rapidement dans les autres départements : 160 h en génie mécanique et automatique, 115 h en informatique, 54 h en électronique et systèmes de communication.

Ces chiffres regroupent l'ensemble des enseignements faits par les mathématiciens et contiennent les mathématiques de base, l'analyse numérique, les probabilités-statistique et les méthodes mathématiques pour l'informatique et l'automatique.

L'équipe enseignante est composée de 3 enseignants de la 25^e section et de 14 enseignants de la 26^e section. Elle est regroupée dans un Centre des mathématiques, structure transverse différente de la notion de département qui, elle, est associée à une filière d'ingénieur. La presque totalité de ces enseignants-chercheurs sont membres de l'IRMAR, Institut de recherche mathématique de Rennes, UMR CNRS qui regroupe les mathématiciens de l'Université Rennes I, de l'INSA et de l'antenne de Bretagne de l'ENS Cachan.

L'INSA de Rouen. Un tronc commun d'enseignements est offert à l'ensemble des élèves pendant les deux premières années. Ils sont ensuite répartis en 5 départements.

Le département de Génie mathématique a été créé en 1987. Ses promotions sont actuellement de 50 à 55 élèves, mais passeront à 75 dans le prochain plan quadriennal.

Les enseignements y sont pour deux tiers en mathématiques appliquées et pour un tiers en informatique. Les mathématiques appliquées comprennent EDP, analyse numérique, optimisation, automatique, probabilités, statistique, recherche opérationnelle, graphes, signal et image, à raison de 15 h de cours et de TD par semaine en 3^e et 4^e années, ce respectivement sur 30 et 26 semaines. Le cursus comporte aussi des projets couplant informatique et mathématiques, ainsi qu'un stage "technicien" de deux mois en début de 4^e année.

En 5^e année, l'enseignement est optionnel, en dehors de 40 h de mathématiques et 20 h d'informatique obligatoires. Les élèves peuvent choisir en plus jusqu'à 180 h de cours en mathématiques et informatique ; les mots-clefs y sont : modélisation, calcul scientifique, optimisation, automatique, statistique, productique, signal, image, finance.

Ils peuvent aussi suivre un DEA en mathématiques, informatique, sciences de l'ingénieur ou aérothermochimie : c'est le cas d'une bonne dizaine d'entre eux. Un bon nombre d'entre eux poursuivent en thèse, mais pas nécessairement à Rouen.

Le projet de fin d'études est un stage à mi-temps. Les débouchés sont divers : automobile, armée, EDF, Thomson, Matra, etc.

Une vingtaine d'enseignants sont rattachés à l'INSA. Les relations entre l'INSA et l'université sont plutôt de complémentarité que de concurrence, et le DEA est commun. L'INSA envisage par ailleurs l'ouverture d'un DESS en Optimisation et simulation.

L'INSA de Toulouse. Il possède une bonne équipe d'une vingtaine de mathématiciens de la 26^e section. Ils font pour la plupart partie de l'UMR Mathématiques pour l'industrie et la physique, MIP, ou de l'UMR Laboratoire statistique et probabilités, LSP, toutes deux implantées à l'Université Toulouse III. Rappelons que l'INSA de Toulouse vient très récemment d'être évalué par le CNE.

Depuis plusieurs années une filière de Génie mathématique et modélisation, G2M, a été montée. Cette filière a été habilitée par la Commission des titres d'ingénieur en 1993 ; l'INSA a créé en 1996 le département de Génie mathématique avec l'appui des chercheurs de l'UMR MIP.

La filière G2M est passée progressivement de 24 à 48 étudiants depuis 1998. Centrée sur la modélisation et le calcul scientifique (MCS) à ses débuts, elle a récemment ouvert une option de Modélisation stochastique et statistique (MSS).

La 5^e année de cette option peut être validée dans le cadre du DEA de Mathématiques appliquées organisé en commun avec l'Université Paul Sabatier et Sup'Aéro sur les thèmes de mathématiques financières et de traitement d'image, suivi par un peu moins de 5 étudiants de l'INSA par an, dont 1 en moyenne continue en thèse.

III - QUELQUES AUTRES GRANDES ÉCOLES

1 - LES ÉCOLES NORMALES SUPÉRIEURES (ENS)

Les Écoles normales supérieures n'offrent pas une scolarité traditionnelle analogue à celle que l'on rencontre dans une école d'ingénieurs : elles préparent aux diplômes universitaires de second et de troisième cycles, à l'agrégation et à l'orientation vers la recherche. Notons que cette scolarité universitaire s'effectue le plus souvent en régime accéléré (licence maîtrise+DEA +agrégation en 3 ans, par exemple). Les étudiants suivent normalement leurs cours à l'université et reçoivent en plus des enseignements complémentaires sur le site de l'école.

Trois de ces écoles normales supérieures ont une filière de mathématiques bien identifiée. Longtemps, les mathématiciens formés par ces filières ont eu la réputation de ne s'intéresser qu'aux mathématiques pures et fort peu aux applications, dans la mouvance dominante des mathématiques françaises.

Nous présentons ci-après un résumé des réponses qui ont été données par les trois ENS scientifiques à un questionnaire qui avait pour but de repérer la place actuelle des mathématiques appliquées dans ces formations ainsi que leur image. On indique, en particulier, les flux de sortie en distinguant les élèves qui choisissent l'enseignement immédiatement après l'école de ceux qui s'engagent dans la préparation d'une thèse. Parmi ceux-ci, les orientations vers les mathématiques pures ou appliquées, ou vers l'informatique, sont distinguées par l'indication d'une section du CNU (25^e, 26^e, ou 27^e) correspondant essentiellement à celle du directeur de recherche.

L'École normale supérieure de Paris. L'École normale supérieure de Paris accueille un public d'excellence pour ses formations en mathématiques.

En 2000, les promotions étaient de 47, 43, et 42 étudiants respectivement en 1^{ère}, 2^e et 3^e années (aucun auditeur libre). Les enseignements sont organisés autour du magistère de mathématiques fondamentales et appliquées et d'informatique (MMFAI). Ce cadre favorise les liens avec l'informatique et plusieurs élèves s'y spécialisent, comme on le voit dans les flux de sortie.

L'encadrement en mathématiques est important avec 13 enseignants-chercheurs relevant de la 25^e section (8 professeurs, 2 maîtres de conférences, 3 agrégés préparateurs) et 9 enseignants-chercheurs relevant de la 26^e section (5 professeurs, 1 maître de conférences, 3 agrégés préparateurs), soit 40% relevant de la 26^e section. D'autres universitaires ou chercheurs extérieurs interviennent aussi dans les enseignements.

Il est difficile de chiffrer la part des mathématiques appliquées dans l'enseignement, mais sont mentionnés, au moins pour la 1^{ère} année, des probabilités (40 h et 30 h TD), des EDP (60 h et 20 h TD), du traitement d'images (24 h et 12 h TD). Des enseignements sont offerts en collaboration avec les physiciens (un cursus mathématiques/physique est offert), ainsi qu'avec les biologistes. Des conférences de MA sont également organisées dans le cadre de la préparation à l'agrégation.

Les flux de sortie sont variables, mais on peut dégager des tendances sur les 3 années (1997-2000) : la presque totalité des élèves se dirige vers la recherche à la sortie de l'école, avec une majorité en mathématiques pures (46% pour les mathématiques de la 25^e section, 32% pour la 26^e section et 22% pour l'informatique).

L'École normale supérieure de Lyon. Les élèves sont accueillis dans un magistère de "mathématiques et applications" en partenariat avec l'Université Claude Bernard de Lyon. En 2000, les promotions étaient de 22 en 1^{ère} année, 28 en 2^e, 30 en 3^e et 30 en 4^e. Elles étaient complétées par quelques auditeurs libres : 6 en 1^{ère} année, 5 en 2^e, et surtout 23 en 3^e pour la préparation à l'agrégation.

Les mathématiques appliquées sont mentionnées comme apparaissant dans les enseignements suivants (les modules ont, en général, 32 h de cours et de 32 h de travaux dirigés) :

- en première année, un module d'analyse numérique, 2 modules qui contiennent en partie des MA : EDP, probabilités ;
- en seconde année, 2 modules contiennent en partie des MA : analyse, EDP 2 ;
- Un stage éventuel de 6 semaines est prévu l'une ou l'autre année ;
- en troisième année, 200 h environ pour la préparation à l'épreuve de modélisation de l'agrégation.

Quelques élèves suivent le DEA d'Analyse numérique offert dans l'école doctorale de mathématiques et informatique du site de Lyon.

S'agissant des relations avec l'informatique, les élèves mathématiciens peuvent suivre des modules du magistère d'Informatique et de modélisation et le DEA d'Informatique fondamentale. D'une façon générale, l'ENS affiche la volonté de favoriser la transdisciplinarité.

L'encadrement est de 8 enseignants-chercheurs relevant de la 25^e section (2 professeurs, 2 maîtres de conférences, 2 agrégés préparateurs, 2 ATER) et de 8 enseignants-chercheurs relevant de la 26^e section (4 professeurs, 2 maîtres de conférences, 2 agrégés préparateurs). Des conférences sont régulièrement assurées par des enseignants-chercheurs extérieurs.

À la sortie de l'école, 13% en moyenne se dirigent immédiatement vers l'enseignement : parmi ceux qui font une thèse, 50% relèvent de la 25^e section et 46% de la 26^e section.

L'École normale supérieure de Cachan. L'École normale supérieure de Cachan offre des formations en mathématiques sur ses deux sites : à Cachan et dans son antenne de Bretagne. Nous les présentons séparément.

Site de Cachan. À la rentrée 2000, les effectifs des promotions sont de 20 en 1^{ère} année, 22 en 2^e année, 28 en 3^e année et 33 en 4^e année ; il y a aussi quelques auditeurs libres : respectivement 6, 2, 7, 2 en 2000.

En première année, après une licence de mathématiques accélérée sur un semestre, les élèves suivent les trois-quarts de la maîtrise de Mathématiques ou d'Informatique (ou un mélange des deux).

Ils suivent pour la plupart les modules d'analyse numérique et de probabilités et un module de statistique est aussi proposé. Un stage est conseillé aux étudiants (la moitié des stages a lieu en milieu "appliqué").

En seconde année, le quart des élèves choisit d'obtenir à la fois les maîtrises de Mathématiques et d'Informatique. Les autres terminent leur maîtrise et préparent un DEA : de 50 à 75% d'entre eux choisissent un DEA appliqué, comme ceux d'analyse numérique et calcul scientifique de Paris VI, IX et XI, de probabilités et statistique de Paris VI, VII, XI (cf. les rapports des universités correspondantes pour ces DEA sur le CD-ROM), le DEA math/vision/apprentissage de l'ENS Cachan.

Des groupes de travail sont organisés pendant ces deux années, au cours desquelles sont enseignées les mathématiques dans leur ensemble, avec un effort tout particulier fait sur les mathématiques appliquées.

La troisième année est le plus souvent consacrée à la préparation de l'agrégation, avec un investissement important pour la préparation à l'épreuve de modélisation. La quatrième année est le plus souvent consacrée au début de la thèse. Entre la moitié et les 3/4 vont en MA.

L'encadrement permanent est surtout assuré par des enseignants de la 26^e section : 6 professeurs, 1 maître de conférences, 1 agrégé préparateur ; il y a aussi 1 maître de conférences et 2 agrégés préparateurs relevant de la 25^e section. Il y a par ailleurs beaucoup d'interventions extérieures, surtout de mathématiciens appliqués.

Concernant les flux de sortie, moins de 10% se dirigent vers l'enseignement, le reste vers la recherche avec une majorité pour les mathématiques appliquées : 22% en mathématiques 25^e section, 42% en mathématiques 26^e section, 15% vers l'informatique, le reste n'étant pas identifié.

Le département de Mathématiques affirme une orientation accrue vers les mathématiques appliquées, d'une part, pour accompagner les mutations du concours d'agrégation, d'autre part, pour la formation par la recherche : le DEA de l'école, spécialisé dans les mathématiques pour le traitement d'images, qui existe depuis plusieurs années, attire de plus en plus d'étudiants ; de plus, vient de s'ouvrir en 2001 un DEA spécialisé dans le calcul scientifique pour les milieux continus.

Site de l'antenne de Bretagne. Le département de Mathématiques et Informatique de l'antenne de Bretagne de l'ENS Cachan s'est ouvert en septembre 1996. Il recrute sur des concours d'entrée en 1^{ère} année (environ 12 élèves) et en 3^e année (environ 10 élèves). Ainsi, les effectifs pour l'année 2000 étaient de 11 en 1^{ère} année, 12 en 2^e année, 14 en 3^e année, 23 en 4^e année.

Les élèves sont accueillis dans un magistère de "modélisation mathématique et méthodes informatiques", co-développé avec l'Université Rennes I.

À la douzaine de normaliens se joignent au moins autant d'étudiants recrutés sur concours spécifique par l'université (l'effectif de magistère 1^{ère} année est au total de 27 pour l'année 2001-2002, dont 11 normaliens).

Le magistère avait été créé à Rennes dès 1985 et avait une forte orientation appliquée. Celle-ci a été conservée dans le cursus à l'arrivée des normaliens, même si les débouchés ont maintenant plutôt lieu dans la recherche que directement en milieu professionnel dès la sortie du magistère. Ainsi, plusieurs modules appliqués sont offerts en 1^{ère} et 2^e années (probabilités, analyse numérique, calcul scientifique, statistique, mécanique). De plus, ont été conservés le séminaire en binôme et un projet informatique en 1^{ère} année, un TER et un stage de deux mois au moins en 2^e année. Il y a aussi deux heures d'anglais par semaine obligatoires pendant les deux ans.

L'informatique prend une place importante dans le magistère. L'organisation permet même de faire un double cursus mathématiques et informatique (double licence en 1^{ère} année). Sinon, comme dans les autres ENS, il est possible d'accélérer le cursus et de commencer un DEA en 2^e année.

La 3^e année est celle de la préparation à l'agrégation. Elle se fait en collaboration étroite avec l'Université Rennes I. Un gros investissement a été fait sur la préparation de l'épreuve de modélisation.

L'encadrement permanent sur le site même de Ker Lann est encore peu important (2 professeurs, 1 agrégé préparateur, 3 moniteurs, tous relevant de la 26^e section). Mais il est complété grâce à de nombreux échanges de service avec les collègues de l'Université Rennes I.

Le bilan des flux de sortie des élèves normaliens depuis la création du département jusque fin 2000 est le suivant : 25% se sont dirigés vers l'enseignement secondaire, le reste vers la recherche ; la répartition pour ceux-ci est de 20% vers l'informatique, 20% vers les mathématiques pures (25^e section), 60% vers les mathématiques appliquées (26^e section), soit donc un flux très majoritaire vers les mathématiques appliquées.

2 - L'ÉCOLE NATIONALE DE LA STATISTIQUE ET DE L'ADMINISTRATION ÉCONOMIQUE - ENSAE

Fondée en 1942, elle assure une formation de haut niveau en économie, en statistique et en finance. Elle est intégrée à l'Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE) sous la tutelle du ministère de l'Économie et des Finances.

Elle forme deux groupes d'élèves : d'une part, - et c'est la grande majorité d'entre eux - des statisticiens économistes, recrutés sur concours ou sur titre ; d'autre part, des fonctionnaires qui appartiennent au corps des administrateurs de l'INSEE et suivent la même scolarité.

La scolarité s'effectue en trois ans. La première année est consacrée aux acquisitions de base en économie ou en mathématiques selon la voie choisie. Elle se termine par un stage d'ouverture au milieu professionnel de quatre à huit semaines.

La deuxième année constitue l'année centrale du cycle d'études où s'effectue le brassage de l'ensemble des élèves, quelle que soit leur origine, qu'ils soient issus de la première année "voie mathématiques" ou "voie économie", ou qu'ils soient admis directement sur titre. Cette année est structurée autour d'enseignements de tronc commun en statistique, économie, économétrie, séries temporelles, macroéconomie et microéconomie. Autour de ce noyau central, sont proposés des enseignements optionnels, en particulier, en "outils mathématiques et informatique". Les élèves choisissent par ailleurs une majeure, en statistique ou en économie.

À ajouter aussi une offre de formation complémentaire en probabilités, statistique descriptive, analyse des données, informatique, pour les élèves admis directement en deuxième année. L'année se termine par un stage d'application de 8 à 12 semaines.

La troisième année offre quatre voies : statistique et économétrie ; finance et actuariat ; macroéconomie et politiques économiques ; microéconomie/gestion de l'entreprise.

Par ailleurs, pour répondre à des besoins de formation dans les spécialités de l'école, l'ENSAE ouvre ses enseignements spécialisés de troisième année pour offrir un master spécialisé en analyse économique, statistique et économétrie, finance et actuariat et des certificats d'études supérieures spécialisées (CESS) dans quatre orientations : finance et actuariat, économétrie et séries temporelles, économie industrielle et microéconomie appliquée, modélisation et politique macroéconomique.

3 - L'ÉCOLE NATIONALE DE LA STATISTIQUE ET DE L'ANALYSE DE L'INFORMATION - ENSAI

L'ENSAI, implantée depuis 1996 sur le campus de Ker Lann, près de Rennes, a vocation à préparer ses élèves aux métiers de la collecte et de l'analyse de l'information, en particulier dans le domaine économique et social, mais aussi dans le domaine de l'industrie, dans celui des sciences de la vie ou dans celui des systèmes d'information.

Il y a deux groupes d'élèves : les élèves "attachés", fonctionnaires, recrutés par concours interne (10 places environ) et par concours externe (30 places environ), pour qui la scolarité se déroule sur deux ans ; les élèves "titulaires", non fonctionnaires, recrutés sur concours externe (50 places environ) ou sur titre (quelques places) et pour qui la scolarité est de 3 ans. Les concours externes comportent deux options : mathématiques et économie. La scolarité des élèves varie selon leur option de recrutement.

La part des mathématiques en 1^{ère} année est de 225 h sur 680 au total pour les élèves issus de l'option "mathématiques". Elle se compose essentiellement de probabilités et statistique et comporte un projet en statistique. Elle est de 280 h pour les autres, car s'y ajoutent des compléments de base en algèbre et analyse. Il y a environ 180 h en informatique (avec une bonne part d'initiation aux logiciels). Le reste des enseignements concerne l'économie, la gestion, les sciences sociales, la communication et l'anglais.

En deuxième année, la part des mathématiques augmente, avec 325 h sur 700 h pour tous les élèves. Il s'agit essentiellement de statistique à nouveau, avec un gros projet à réaliser. L'informatique prend aussi une bonne place avec 135 h dont un projet en systèmes informatiques de base de données. Ensuite, 5 modules permettent de préparer l'une des 4 filières de spécialisation de 3^e année (pour les élèves titulaires) : Statistique pour l'économie, le marketing et la gestion des risques ou Statistique pour les sciences de la vie ou Statistique pour les applications industrielles ou Systèmes d'information statistique.

Les mathématiques en tant que telles ont une place moins importante en 3^e année. On y trouve surtout des compléments en statistique appliquée à la majeure de la filière ; mentionnons aussi de la théorie du signal et des modèles markoviens de traitement d'images dans la 3^e filière.

Les élèves fonctionnaires font carrière à l'INSEE et dans les services statistiques des ministères. Les autres sont recrutés comme statisticiens dans différents secteurs de l'économie.

IV - AUTRES EXEMPLES : LES INSTITUTS UNIVERSITAIRES

1 - L'ISUP (INSTITUT DE LA STATISTIQUE DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS) DE L'UNIVERSITÉ PIERRE ET MARIE CURIE

L'Institut a été créé en 1922 par E. Borel. Il s'appelle en fait maintenant officiellement "Institut de statistique de l'Université Pierre et Marie Curie". C'est une composante à caractère dérogatoire de l'UFR 920, Statistiques théoriques et appliquées, de l'Université Paris VI. Il n'a pas d'enseignants affectés en propre, puisque ceux-ci dépendent de l'UFR 920. Des liens institutionnels existent avec l'ENSAE, qui en est une émanation ancienne orientée vers les statistiques de l'économie, l'ISUP étant plutôt orienté vers la statistique mathématique.

Il offre une formation initiale et une formation permanente en statistique. Les étudiants en formation initiale entrent sur concours à l'issue d'une deuxième année de classe préparatoire (classes MP et MPSI).

Certains étudiants de licence ou de maîtrise peuvent être admis sur titre. Il délivre un diplôme d'université à bac+5, qui n'est pas un titre d'ingénieur. Chaque promotion compte environ 45 étudiants, dont un peu plus d'une dizaine d'admis sur titre. 250 candidats environ se présentent aux épreuves.

Il délivre à la fin de la troisième année un diplôme de statisticien avec l'une des trois mentions : actuariat, bio-statistique, industrie et services. La formation comporte une formation de base en probabilités et une formation complète en statistique, comprenant l'apprentissage des outils informatiques. Il y a 700 heures de cours, TD, TP en première année, complétées par un stage facultatif d'été en entreprise, un peu moins en seconde année, dont 100 h d'option et un stage obligatoire de deux mois, et 300 h en troisième année, avec un stage de 5 mois. 3 cours sont communs avec des UV de maîtrise, et un accord avec l'ESSEC permet aux étudiants de valider certains modules de cette école, ou d'y entrer sur dossier en cours de scolarité.

Après leurs études, les étudiants trouvent facilement des emplois (159 offres cette année), aidés par une association d'anciens élèves assez active. Un très faible nombre (de 1 à 3 selon les années) suivent le DEA de Statistique de l'université pour continuer en thèse.

D'autre part, l'ISUP intervient en formation permanente. Il est en particulier maître d'œuvre de la filière Banque, Assurance, Finance de la MIM qui a ouvert à la rentrée 2000. Il offre également la possibilité pour les professionnels de suivre des cycles de formation continue dans différents domaines de statistique appliquée.

Conclusions et recommandations. C'est sans doute la seule formation de ce type en France (si l'on excepte les formations d'actuaire) qui forme des statisticiens "industriels". Là aussi, le marché de l'emploi semble très prometteur, car la France doit rattraper son retard sur les autres pays européens en matière d'emplois de statisticiens.

Cependant, cette formation semble assez isolée, voire relativement méconnue ; le statut de l'ISUP lui-même demanderait à être clarifié, et il serait sans doute profitable que les liens avec l'ENSAE-ENSAI soient renforcés. En outre, l'ISUP n'est pas en tant que tel un institut de recherche, ses enseignants (qui comptent de nombreux professionnels) ne lui sont pas affectés en propre. L'habilitation à délivrer un titre d'ingénieur lui permettrait sans doute d'être plus attractif et de devenir un véritable centre de formation à la statistique.

Si l'organisation globale et l'ouverture sur l'extérieur et l'extra-académique sont très bonnes, les liens avec la recherche pourraient être plus développés.

2 - L'ISFA (INSTITUT DE SCIENCE FINANCIÈRE ET D'ASSURANCE) DE L'UNIVERSITÉ LYON I

Créé en 1930, l'Institut de Science financière et d'assurances (ISFA, article 33) associe actuellement des membres de la 26^e section et des gestionnaires (6^e), au sein du Laboratoire de sciences actuarielles et financières (LSAF). L'ancrage de plus en plus prononcé en 6^e section rend pessimiste sur l'évolution mathématique à venir à l'ISFA. Ainsi malgré sa demande, les diplômés de l'ISFA n'ont pas été habilités en 26^e, mais en 6^e section (gestion).

Les formations de l'ISFA habilitées en gestion (MST, magistère, DESS, DEA de sciences actuarielles et financières) et celles de Lyon II comportent une part importante d'enseignements de statistique (IUP Économétrie et statistique, DESS et DEA Extraction des connaissances à partir de données (ECD), en association avec l'économie ou l'informatique. Toutes ces formations, en dehors du DESS, sont très orientées vers l'économie.

Le magistère Sciences actuarielles et financières est une formation sélective avec des objectifs professionnels bien identifiés ; il attire toujours les étudiants et offre des débouchés réguliers. L'obtention du magistère est sanctionnée après 3 années d'études par un diplôme d'actuaire. De même, il n'y a pas de problème de débouchés autour des thèmes abordés par le DESS. Tous les étudiants trouvent rapidement un travail, à condition d'accepter une certaine mobilité, essentiellement vers la région parisienne.

Il faut néanmoins noter que, si l'orientation financière débouche vers des emplois effectifs de statisticien dans le tertiaire où la demande est forte, les étudiants des autres options sont souvent recrutés pour leurs compétences en informatique. À noter les bons contacts extérieurs de l'ISFA à travers les stages et les associations d'anciens élèves.

La présence du DESS d'Ingénierie mathématique au sein de l'ISFA peut sembler étrange. Elle mélange dans la même composante des diplômés de même contenus ou très similaires avec des pré-requis, des conditions de recrutement et des prérogatives (le titre d'actuaire) différents. Nous pouvons nous interroger sur l'adéquation de l'intitulé de ce DESS, proche de la gestion et ne disposant plus d'une option en calcul scientifique.

V - CONCLUSIONS

Cinq caractéristiques se dégagent de l'analyse globale des écoles d'ingénieurs (cf. supra : paragraphe I) :

- un volume d'enseignement en mathématiques globalement satisfaisant,
- mais
- des enseignements très centrés sur les mathématiques de base et traditionnelles,
 - des intervenants non mathématiciens pour une majeure partie d'entre eux,
 - une faiblesse préoccupante de l'enseignement en informatique,
 - l'absence quasi totale de recherche en mathématiques dans les écoles.

Tout cela doit être modulé suivant l'établissement considéré, en particulier, dans les cas de ceux qui offrent une formation spécifique en mathématiques et dont nous avons donné les principales caractéristiques.