

La formation d'ingénieur géomètre topographe à l'INSA Strasbourg

■ Tania LANDES - Mathieu KOEHL - Pierre GRUSSENMEYER - Emmanuel ALBY - Jacques LEDIG - Gilbert FERHAT - Hèlène MACHER

La topographie est enseignée dans l'établissement dès la création de l'école, en 1875, mais la spécialité Géomètre-Topographe ne verra le jour que 22 ans plus tard, en 1897, pour les besoins du service du cadastre d'Alsace et de Lorraine. Elle délivre ainsi le diplôme d'ingénieur depuis 1930, comme le rappelait le premier article présentant la spécialité et rédigé par M. Gruber, alors enseignant dans notre spécialité (XYZ n° 7, 1981). Il y a 40 ans, l'école s'appelait ENSAIS (École Nationale Supérieure des Arts et Industries) et devient INSA Strasbourg en 2003. L'école aura changé 7 fois de nom depuis sa création. Elle rejoint alors un groupe français d'écoles d'ingénieurs réparties sur tout le territoire national et voit son recrutement centralisé et pris en main par le service des admissions hébergé par l'INSA Lyon.

Objectifs de la formation

L'objectif de la formation topographie à l'INSA Strasbourg est de développer les compétences scientifiques et technologiques permettant de travailler dans des secteurs très variés, tels que l'aménagement urbain et rural, les expertises foncières, l'information géographique, l'imagerie numérique, la métrologie industrielle, la géodésie (GNSS), la photogrammétrie, la télédétection, la lasergrammétrie. L'ingénieur topographe ou ingénieur géomètre doit savoir proposer et mettre en œuvre les techniques de mesures 3D adaptées aux besoins du BTP pour les études et implantations, de l'industrie pour la métrologie, de la géodésie pour la mise en place de canevas de précision et pour l'observation des mouvements du sol, de l'archéologie et du patrimoine pour les relevés et modélisations, du génie civil pour la gestion et la surveillance des ouvrages d'art, des particuliers et des administrations pour l'urbanisme et la gestion des propriétés foncières, etc.

■ La formation en quelques points

- Pédagogie répartie entre enseignements théoriques et travaux pratiques ou projets sur le terrain (voir photos ci-dessous).
- Fondements scientifiques et techniques pour l'acquisition, le positionnement, le traitement et l'évaluation de la précision de données 3D géolocalisées.

sées. Apprentissage du droit général et foncier, de la gestion d'entreprise.

- Pratique des instruments et méthodes topographiques, des conventionnelles aux plus avancées : depuis les niveaux de chantier jusqu'aux GNSS en passant par les tachéomètres et scanners laser 3D.
- Environnement informatique développé avec un accès libre à des salles informatiques équipées de logiciels professionnels.
- Obtention, sous conditions, d'un diplôme d'établissement de niveau licence ("bachelor en ingénierie") à l'issue de la 3^e année post-bac.
- Accès possible à la profession libérale de géomètre-expert après deux années de stage dans un cabinet de géomètre-expert.
- Un total de 5 stages en entreprises pour les étudiants intégrant l'INSA après le bac. À l'horizon 2021/2022, un total minimum de 34 semaines de stage y compris le projet de fin d'études (PFE) sera exigé.
- Séjour à l'étranger obligatoire d'au moins 3 mois pendant le cursus.
- Obligation d'un score minimum de 785 au TOEIC.

■ Évolution recrutement

Alors qu'en 1979, les promotions comptaient 22 élèves, elles atteignent aujourd'hui un effectif de 36 étudiants en moyenne par an, avec un pourcentage de 35 à 40 % de filles.

Les étudiants sont recrutés au niveau bac après un bac S avec mention et entretien pour une entrée en CP (cycle préparatoire) pendant la phase ENSAIS. Depuis la phase INSA (2003), le premier cycle est rebaptisé STH (Sciences, techniques et humanités) et compte d'abord 2 ans, puis une seule année à partir de la rentrée 2013. Le recrutement en STH1 se fait sur la base d'un concours commun des INSA sur la base du dossier scolaire, du bac et d'un entretien de motivation. Les recrutements ont également lieu à bac+1 par transfert entre INSA ou sur dossier à l'issue d'une année de MathSup. Les recrutements à bac+2 sont très importants et comptent pour plus de 60 % des effectifs. Idéalement ces recrutements visent 12 CPGE et 12 BTS. Depuis 2019, les recrutements des CPGE passent par la banque SCEI (Service de concours écoles d'ingénieurs). En 40 ans, le recrutement interne de STH1 vers la spécialité ingénieur a doublé (6 étaient issus des "classes préparatoires intégrées" en 1979 contre 12 aujourd'hui). Dans le même temps, le volume global des étudiants de l'INSA est passé d'environ 700 à 2 000 étudiants avec une accélération ces dernières années en lien avec la création de formations en alternance dans les spécialités de l'industrie.

■ Débouchés

En termes de débouchés, les secteurs d'activité des diplômés sont par définition même du métier de géomètre topographe, assez diversifiés. D'après l'enquête effectuée auprès des diplômés

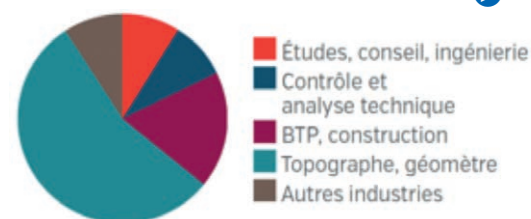


Figure 1. Secteurs d'activité des diplômés (enquête 2018)



més en 2018 (figure 1), plus de 30 % des étudiants se sont dirigés vers la profession libérale de géomètre-expert dès la sortie de l'école.

Le marché de l'emploi est très favorable pour les ingénieurs géomètres topographes depuis plus d'une dizaine d'années. Déjà avant leur soutenance de PFE, presque 70 % des élèves ont une promesse d'embauche en poche ; pour les autres, les jeunes ingénieurs diplômés trouvent un emploi en moins de 3 semaines. Cette conjoncture s'explique d'une part, par les départs à la retraite d'une partie des géomètres-experts, mais aussi par l'émergence d'un besoin accru en ingénieurs spécialisés dans le domaine de la gestion de données spatiales. Il va de soi que l'évolution des technologies de mesure et sa démocratisation intensive fait la part belle aux activités de mesure au sens large (numérisation, modélisation, traitement de données) et génère des missions nouvelles pour les géomètres topographes (responsables de pôles spécialisés en cartographie mobile, levés par drones, managers BIM, etc.).

Évolution des enseignements / nouveaux cours

Depuis 1979, le nombre de spécialités d'ingénieurs proposées à l'ENSAIS sera passé de 7 à 11 spécialités, en créant ainsi la formation mécatronique (premiers diplômés en 1994) et 5 formations par apprentissage (en Génie Climatique et Énergétique (GCE), Génie Électrique, Mécanique, Mécatronique et Plasturgie). Au même titre que changent les spécialités, les grilles de formation évoluent au gré des passages de la CTI (Commission des titres d'ingénieur) et de ses exigences. L'INSA est aussi une école d'architecture et permet depuis une quinzaine d'années le prolongement d'un diplôme d'ingénieur du domaine de la construction par un diplôme d'architecte. Depuis 2014, les premières années de la formation en architecture ont évolué en un double cursus architecte-ingénieur qui permet de délivrer après 3 ans un bachelor en architecture et ingénierie pour les spécialités du Génie civil, GCE et de la Topographie (depuis 2017). Après ces trois premières années

les étudiants peuvent poursuivre en double diplôme architecte et ingénieur en quatre années supplémentaires.

Plusieurs réformes menées

Il y a 40 ans, l'école s'organisait sur un schéma de type "2+3" (2 années de classes préparatoires intégrées). Celui-ci passe à "1+4" au cours de la réforme OREMO (2002-2005). Les enseignements sont organisés en modules comprenant plusieurs matières. L'introduction d'enseignements communs à tout l'INSA nécessite de repenser les équilibres entre enseignements métiers, scientifiques et sciences humaines. Pour ces dernières sont introduits des enseignements de "Management des ressources humaines", "Culture et métiers de l'ingénieur", "Gestion financière d'entreprise". Les nouveaux enseignements métiers concernent "Un projet d'imagerie et de modèles virtuels 3D", "Conception et innovation", entre autres.

La réforme suivante FORCE5 (2005-2009) a encore accentué la notion de module et le regroupement des enseignements. Pour plus de lisibilité, des enseignements spécifiques ont été confiés à des géomètres-experts sous l'appellation "Pratique professionnelle du Géomètre-Expert" (42 h).

La préparation à la certification CTI suivante a été l'occasion d'une nouvelle réforme (KIEFER 2011-2013) qui par

contraintes budgétaires a totalement remis en cause les taux d'encadrement et de face à face qui ont globalement baissé de 25 %, malgré la conservation d'enseignements communs immuables.

Les principes généraux imposés étaient les suivants :

- 1 680 h de travail annuel (face à face et autonomie) pour l'étudiant,
- 60 crédits annuels, soit 28 h/crédit (norme : 25 à 30 h),
- harmonisation de la segmentation des modes pédagogiques,
- au plus 750 h de face à face par an,
- une unité de mesure des contenus des formations sous forme de crédit (ECTS),
- enseignements composés de :
 - 20 % de compétences à la personne,
 - 80 % de compétences scientifiques et technologiques, générales et métier,
- introduction de parcours personnalisés grâce à des modules électifs de compétences à la personne comme "Langues fortes", "Engagement sportif", "Engagement associatif", de compétences scientifiques et technologiques générales comme "Maths", "Physiques", "Sciences pour l'ingénieur" et encore de compétences scientifiques et technologiques métier (voir ci-dessous),
- introduction de modules d'e-learning.

Cette réforme a également mis en place un dispositif d'évaluation par compétences qui s'affine depuis cette date.



Figure 2. Travaux pratiques de relevés 3D – des sorties sur le terrain dès que possible



■ Des grilles revues et corrigées

Sans rentrer dans le détail des grilles de formation, que le lecteur pourra consulter sur le site de l'INSA, nous noterons la disparition d'enseignements tels que par exemple l'agronomie, la cartographie géologique, pour laisser place à des refontes de cours ou la création de nouveaux enseignements.

• **Projet de recherche technologique (PRT) (72 h)** : 4 heures par semaine consacrées à répondre à une problématique concrète, en collaboration avec une entreprise moyennant une convention de collaboration ou notre laboratoire de recherche (figure 2). La recherche bibliographique constitue le cœur du PRT et prépare au PFE susceptible d'en découler.

• **Projet d'imagerie (42 h)** : couvrant 2 semaines bloquées, ce module a pour objectif de faire manipuler et de savoir qualifier diverses sources de données images susceptibles d'être utilisées pour la représentation, l'analyse et la gestion du milieu urbain. La combinaison de données acquises par avion ou par satellites, du domaine du visible à l'infrarouge, à partir de capteurs passifs et actifs est basée sur une approche multi-échelles permettant aux étudiants de se familiariser avec différents outils de traitement d'images et de recouper les notions apprises dans divers enseignements (figure 3).

• **Initiation à la recherche (27 h)** : l'objectif de ce cours est de faire découvrir aux étudiants les métiers de la recherche et les ressources scientifiques et bibliographiques en rapport avec le métier d'ingénieur géomètre-topographe. Les étudiants font une recherche bibliographique en rapport avec leur Projet de recherche technologique (PRT) en 5^e année, apprennent à gérer les outils de gestion bibliographique et à rédiger un article scientifique. Ce cours est aussi l'occasion pour les étudiants de découvrir plus en détail les activités scientifiques des enseignants-chercheurs.

• **Vision par ordinateur** en relation avec les cours de photogrammétrie pour comprendre le fonctionnement des nouveaux outils de structure par le mouvement (SFM *Structure From Motion*) et algorithmes de traitements d'images.

• **Scanners laser et nouvelles technologies (15 h)** : l'objectif de ce cours et des Travaux pratiques (TP) associés est de maîtriser les bases de la numérisation 3D au scanner laser et du traitement de nuage de points. Quelques heures de cet enseignement sont réservées à une nouvelle technique ou un enseignement non abordé par ailleurs, variant tous les ans (exemple : bathymétrie, cartographie mobile).

• **BIM (12 h)** : l'objectif de cet enseignement est de comprendre ce qu'est un BIM (*Building Information Modeling*). Le cours, dispensé en anglais, traite plus particulièrement du processus "scan-to-BIM" ainsi que de l'évaluation de la qualité de maquettes numériques créées à partir de nuages de points issus de divers systèmes. Un projet de 6 heures permet aux étudiants de découvrir le processus de création de maquettes numériques de bâtiments existants.

• **Pratique professionnelle du Géomètre-expert (42 h)** : étendu sur plusieurs années de formation, le contenu de cet enseignement a été mis en place conjointement avec des représentants de l'OGE.

À l'échelle de l'école, la spécialité topographie a également participé à la création d'enseignements électifs.

• **Modélisation surfacique par maillage (24 h)** : l'objectif de ce module électif est de comprendre les enjeux du passage du nuage de points à un maillage pour des objets non décomposables géométriquement. L'enseignement est transversal et s'adresse aux spécialités de deux départements, mécanique (spécialités génie mécanique, plasturgie et mécatronique) et GCT (Génie civil et topographie). Une première partie théorique permet de poser les bases des principes d'acquisition permettant de produire les données manipulées en projet, ainsi que de la chaîne classique de traitement des données. Le projet consiste en la mise en place d'une méthode de traitement pour permettre de représenter au mieux le nuage de points proposé aux étudiants sous la forme d'un maillage.

• **Deux électifs sur le BIM** : "initiation au processus BIM" (24 h) et "BIM 2 : maquette numérique et travail collaboratif" (24 h) : l'objectif de ces deux

enseignements électifs est d'initier les étudiants, toutes spécialités confondues aux fondamentaux du BIM et en particulier au volet collaboratif du BIM. Nous profitons de la présence de plusieurs spécialités du bâtiment au sein de l'INSA Strasbourg (ingénieurs génie civil, génie électrique, génie climatique et énergétique, topographes et architectes) et constitutions des équipes inter-disciplinaires d'étudiants. Ils sont ainsi initiés à la création de la maquette numérique à partir de nuages de points, aux outils métiers associés tout en travaillant sur un projet concret. Les enseignements sont dispensés en grande partie par des chargés de cours, professionnels du BIM (Figure 4).

Si leur intitulé n'a pas changé, il n'en n'est pas moins de leur contenu, ainsi de fortes évolutions ont été mises en œuvre dans tous les cours, TD et TP "à orientation professionnelle". Ceux-ci ont évidemment évolué naturellement en profondeur, afin de suivre l'évolution des technologies. Les évolutions les plus marquantes sont toutes liées à la vulgarisation de l'informatique, la miniaturisation électronique, etc. Les mutations opérées dans l'instrumentation ont été à l'origine de changements parfois radicaux dans nos méthodes de travail. Ces évolutions ont très sensiblement modifié les enseignements suivants, pour n'en citer que quelques-uns.

• **La tachéométrie (mesures électroniques de distances et d'angles)** : les distancemètres électroniques utilisés dans les cabinets sont apparus vers 1973. Les premiers tachéomètres enregistreurs (stations totales) ont été utilisés vers 1980. Ils ont permis la codification des levés topographiques et plus tard, leur quasi-automatisation (robotisation). En trente ans une équipe de terrain de deux (ou trois) personnes a pu être réduite à un seul technicien...

• **Le calcul topométrique** : d'abord manuel (jusque vers 1970), puis automatisé au travers de logiciels. Nous exigeons toujours que les étudiants sachent programmer leur calculatrice, non seulement pour les rendre indépendants sur le terrain et capables de contrôler leurs calculs, mais aussi pour les amener à développer des



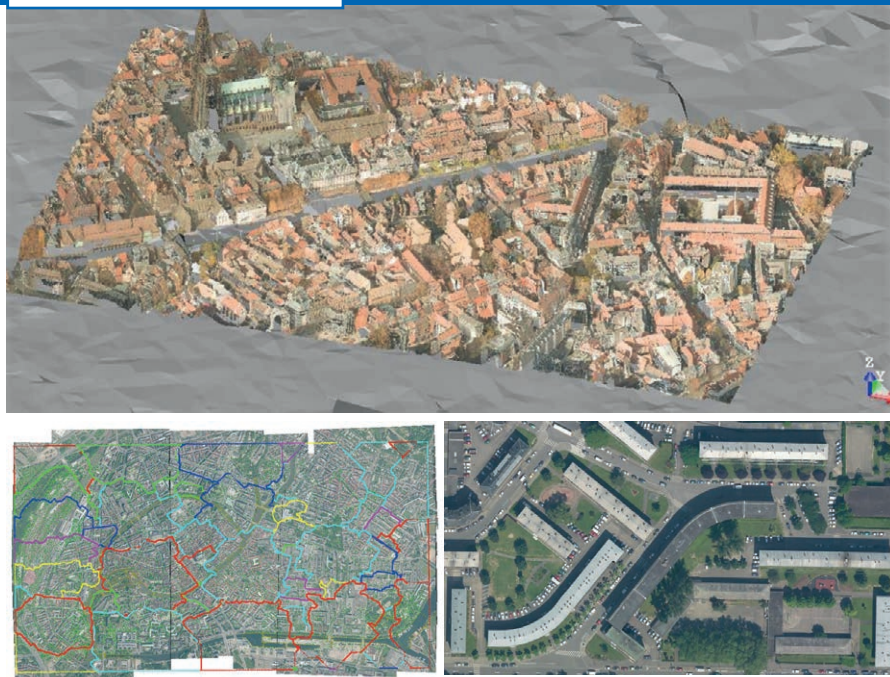


Figure 3. Illustrations de travaux d'étudiants en projet d'imagerie – 2 semaines intenses sur postes

algorithmes dans un langage de programmation même basique ; parfois une première expérience de développement pour certains.

- **Le dessin assisté par ordinateur (DAO) :** le dessin manuel est enseigné à l'école jusque vers 1990. La réalisation de croquis manuels a été fortement réduite mais reste d'actualité.
- **Le nivellement géométrique.** Nivellement optique jusque vers 1990 puis début des niveaux électroniques. Le nivellement optique est toujours enseigné (réglages, nivellements particuliers, implantations altimétriques, etc.).
- **La géodésie "opérationnelle" :** utilisation du GPS possible et vulgarisée en 1994. Utilisation progressive du temps réel (UHF) puis via le GSM (stations permanentes). Ajout de constellations (Glonass en 2007, par exemple) mais aussi, plus récemment Beidou, Galiléo, etc.). Plus de triangulation (à l'extérieur) depuis 1994. Le canevas polygonal est moins utilisé mais reste absolument d'actualité.

Obligation de 3 mois de mobilité au minimum

La CTI exige une mobilité internationale d'un minimum de trois mois. Depuis la création de l'INSA Strasbourg en 2003, l'École permet aux étudiants d'effectuer un semestre d'études à l'étranger. En spécialité Topographie, cela se traduit par des échanges via les programmes Erasmus+ pour les pays de la zone européenne et des accords bilatéraux pour le reste du Monde (Canada, Brésil, Mexique, Taïwan, etc.). Ces accords prévoient en général l'échange de 2 étudiants par année - ce chiffre monte à 3 pour l'université Laval à Québec.

Les étudiants dits "outgoings" intègrent pour un semestre le Département des Sciences Géomatiques dans les universités d'accueil comme l'université Laval à Québec. Parmi les autres universités partenaires, notamment européennes, nous comptons les universités d'Helsinki-Finlande, *Technical University Wien-Autriche*, *Politecnico di Milano-Italie*, *Universidad Politecnica de*

Valencia-Espagne, université de Wrocław-Pologne, École polytechnique fédérale de Lausanne, EPFL-Suisse, Hautes Écoles d'Ingénierie et de Gestion HEIG à Yverdon Suisse, pour n'en citer qu'un petit nombre.

Depuis peu, trois semestres sont ouverts à la mobilité des étudiants, ceci afin d'offrir une meilleure amplitude à leur projet international. Ainsi, en moyenne, 30 % d'une promotion effectue un semestre d'études à l'étranger, ce chiffre monte à 44 % pour la promotion d'étudiants topographes diplômés en septembre 2019.

Concernant l'accueil d'étudiants étrangers, étudiants dits "incomings", la spécialité accueille presque tous les ans deux étudiants québécois et quelques étudiants de l'Union Européenne (Allemagne, Grèce, etc.) voire d'Amérique (Brésil, Mexique). Le nombre d'étudiants "incomings" en Spécialité topographie est relativement faible, cela est sans doute lié au fait que les cours sont proposés en langue française. Depuis peu, une réflexion est en cours pour proposer quelques enseignements en langue anglaise en vue d'attirer de bons étudiants étrangers et aussi de permettre aux étudiants français de s'immerger plus souvent dans la langue de Shakespeare.

Création des Journées de la topographie

Un moment fort pour l'ensemble des étudiants topographes et l'équipe pédagogique est constitué par la tenue et l'organisation des Journées de la topographie, créées en 2003 en réponse à de multiples besoins :

- mettre en valeur les projets de fin d'études, en les ouvrant au public (étudiants, professionnels, parents) et

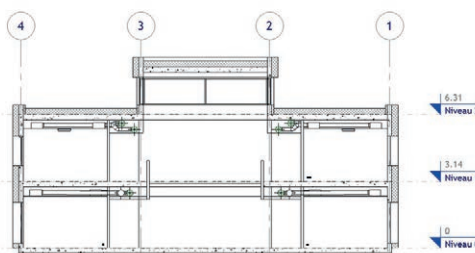
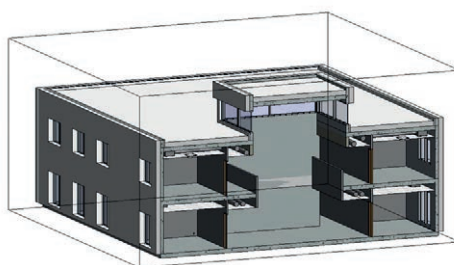
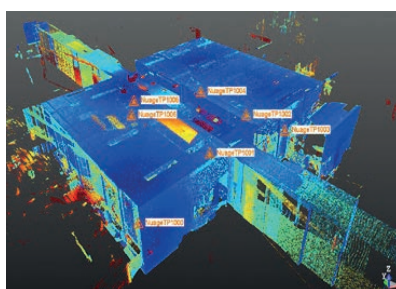


Figure 4. De nouveaux enseignements en lasergrammétrie, BIM, initiation à la recherche, etc.

en conviant plusieurs professionnels à la table du jury,

- créer une synergie entre professionnels et étudiants dans le cadre du "salon des exposants" : les entreprises viennent y exposer leurs matériels et solutions logicielles, ou encore proposer des offres de stages ou d'emplois,
- débattre d'une thématique d'actualité dans le domaine de la topographie, durant la "tribune des spécialistes",
- faire découvrir le métier de géomètre-expert aux étudiants en faisant intervenir des représentants du Conseil supérieur de l'Ordre des géomètres-experts (OGE).

Cet évènement est organisé avec l'aide d'un comité d'organisation composé d'élèves de 4^e année et de 5^e année, l'appui de l'Association francophone de topographie (AFT), et le soutien financier de l'OGE. Les journées attirent 150 à 200 participants sur les 3 jours et ont vu leur succès grandir au fil des années (voir visuels et thèmes ci-dessous).



2003 - sans thème

2004 - Quelles données topographiques pour un SIG territorial ?

2005 - Nouvelle délimitation de la frontière franco-allemande : aspects fonciers et géodésiques

2006 - Nouvelles technologies : quelles (r)évolutions pour la topographie ?

2007 - L'ingénieur topographe sur la scène internationale

2008 - Sans thème, car journées greffées au congrès national de l'OGE

2009 - L'éthique professionnelle en topographie

2010 - Télécommunications en topographie

2011 - La topographie au service des énergies

2012 - 2D, ça va, 3D, bonjour les débats !

2013 - Sans thème, car journées greffées au congrès international du CIPA 2013 - organisé à l'INSA Strasbourg

2014 - Quelle drone d'idée !

2015 - Mystère BIM



2016 - Données topographiques du

futur : du numérique au virtuel

2017 - Des systèmes de cartographie mobiles au PCRS

2018 - BIM : le géomètre, garant de la maquette numérique ?

2019 - L'intelligence artificielle et la topographie

D'autres occasions de rencontres avec les professionnels se présentent aux étudiants au fil de l'année (journée de témoignages, visites de chantiers, conférences internationales (CIPA 2013, LowCost 2019), forums de l'AFT, congrès de l'OGE, interventions ponctuelles de professionnels, conférences, mais aussi les rendez-vous organisés par l'OGE depuis 2018 (business game, régates).

Création d'une plateforme topographie

Créée en 2012, la plateforme technologique de formation et de R&D "Topographie" regroupe l'ensemble des ressources humaines et matérielles de la spécialité topographie.

Les équipements de la plateforme peuvent régulièrement être mis à niveau et renouvelés grâce à la confiance de nombreuses entreprises participant à la mise en place de projets de recherches conventionnés, au travers de PRT (projet de recherche technologique) ou de PFE conventionnés.

L'entreprise choisissant de conventionner le sujet de PFE qu'elle propose bénéficie

d'un suivi, de conseils et d'un accès aux moyens humains et matériels de la Plateforme Topographie (figure 5). Par ailleurs, un suivi mensuel de l'étudiant, la participation à un séminaire à mi-parcours et éventuellement une visite sur site sont prévus dans cette coopération. La coopération se fait sur la base d'un contrat qui fixe le coût et les règles de propriété intellectuelle, indépendamment de la convention de stage de l'étudiant. Le produit de ces contrats contribue à l'investissement matériel et logiciel nécessaire à une formation de qualité.

Les entreprises partenaires sont nombreuses : AlpesTopo, Altametriss, Archéologie Alsace, Bouygues Bâtiment Nord Est, Cabinet BAUR, Centre archéologique INRAP de Normandie, CNR, Communauté de Communes Bocage-Hallue, Communauté de Communes du territoire nord Picardie, Département du Bas-Rhin, Drone Alsace, ELABOR, Eurométropole de Strasbourg, Fondation EDF, Futurmap, GALILE, HAMEL Associés, INRAP, Laboratoire LIVE, Misha, Musées de la ville de Sarreguemines, Omexom, Parera, Renault, SNCF, SOLDATA, Somme Patrimoine, Syndicat Moselle Aval, SYSLOR, Technodigit, TPLM-3D, Transports Europe Services, Trimble, Ville d'Obernai, Ville de Sarreguemines, etc. Le nombre de PFE conventionnés a plus que doublé depuis 2015 et concerne aujourd'hui plus d'un tiers des PFE.



Savoir-faire	Calculs d'erreurs et compensation de réseaux topométriques Cartographie, dessin assisté par ordinateur Géodésie, techniques spatiales Lasergrammétrie aérienne et terrestre Traitement de nuages de points Numérisation tridimensionnelle BIM et HBIM Photogrammétrie aérienne et terrestre Relevés topographiques (altimétriques, planimétriques, 3D) Systèmes d'information géographique Télédétection aérienne et spatiale
Matériels et équipements	Des stations totales, tachéomètres Des niveaux Des antennes GNSS Des scanners laser 3D Des chambres de prises de vues, appareils photographiques Des drones avec capteur d'images embarqué Des stations de photogrammétrie équipées de logiciels spécifiques (KLT, Photomodeler, Metashape, LPS) Des stations de travail en réseau, équipées de solutions logicielles : - en SIG (ArcGIS), DAO (AutoCAD, Covadis, Microstation), - traitement de données GNSS (Infinity), - traitement d'images (ERDAS Imagine) - traitement de nuages de points (Realworks, Scene, Cloud Compare, 3D Reshaper), - simulation scientifique (Matlab). Des véhicules pour le transport de personnes et de matériels sur le terrain Savoir-faire et ressources matérielles de la plateforme technologique de R&D Topographie

Figure 5. Savoir-faire et ressources matérielles de la plateforme technologique de R&D Topographie

Création de l'équipe de recherche

L'équipe de recherche PAGE (Photogrammétrie architecturale et géomatique) a été créée en 1996 par Pierre Grussenmeyer. Tout d'abord Jeune Equipe de 1996 à 2002, elle a intégré l'UMR multisites CNRS MAP 694 (Modèles et simulations pour l'architecture, l'urbanisme et le paysage pendant deux contrats quadriennaux de 2002 à 2009. Elle a ensuite rejoint l'équipe TRIO (télédétection, radiométrie et imagerie optique) de l'UMR CNRS 7005 LSIIT (laboratoire des sciences de l'image, de l'informatique et de la télédétection) de Strasbourg au 1^{er} janvier 2010. L'intégration de l'équipe s'inscrit dans le contexte du développement des relations de ce laboratoire avec l'INSA, tutelle secondaire du LSIIT et de la restructuration de la recherche dans le domaine ST2I à Strasbourg (création du Laboratoire des Sciences de l'ingénieur, de l'informatique et de l'imagerie le 1^{er} janvier 2013, ICube UMR 7357). En janvier 2020, le groupe TRIO a

l'INSA était composé de 5 enseignants-chercheurs, un ingénieur d'étude, un technicien de recherche, 2 doctorants INSA, 1 doctorant invité et 5 stagiaires (Master 2).

Le projet de recherche du "Photogrammetry and Geomatics Group" à l'INSA est de développer des outils de mesure, de compréhension, de représentation et de gestion du patrimoine urbain et architectural à partir des techniques de la Géomatique (photogrammétrie, lasergrammétrie, télédétection et systèmes d'information géographique). Trois thèmes sont développés.

■ Systèmes d'acquisition de données spatiales et modalités d'imagerie

Ce thème concerne l'acquisition 3D de données spatiales géoréférencées à l'échelle du milieu urbain ou à l'échelle d'un site historique. Les recherches portent sur les systèmes de mesure en 3D (géoréférencement des capteurs, photogrammétrie, lasergrammétrie) :

- caractérisation et évaluation des performances des systèmes d'acquisition spatiale (capteurs statiques ou de cartographie mobile) ;
- intégration de nouveaux capteurs (drones, capteurs imageurs) ;
- nouveaux capteurs 3D à faible coût (caméra 3D Kinect, scanners à main ou à faible coût).

Les relevés 3D terrestres sont effectués avec le matériel de la plateforme de recherche de l'équipe PAGE/TRIO à l'INSA. L'équipe dispose également de données aéroportées (télédétection, photogrammétrie, LiDAR) mises à disposition par des partenaires publics ou privés.

■ Environnement et milieu urbain : cartographie et modèles 3D des objets topographiques et architecturaux (BIM et HBIM)

À partir des données spatiales issues de systèmes aéroportés ou terrestres (thème 1), l'équipe développe des algorithmes de cartographie et de modélisation 3D des objets topographiques et architecturaux. Les recherches portent principalement sur :

- les algorithmes de traitement de nuages de points issus de traitements photogrammétriques ou de données LiDAR aéroportées, avec l'objectif de modéliser le milieu urbain à différentes échelles (de la rue-canyon à celles du quartier et de l'agglomération) pour les simulations de climatologie urbaine ;
- l'intégration et le traitement automatique des nuages de points 3D dans les maquettes numériques (BIM) ;
- les algorithmes de traitement de nuages de points pour :
 - la modélisation automatique des façades et des intérieurs de bâtiments,
 - la modélisation semi-automatique des instabilités rocheuses,
 - la modélisation diachronique dans le cadre d'études hydromorphologiques.

■ Numérisation du patrimoine

Le projet s'inscrit dans un contexte de valorisation de la recherche interdisciplinaire tourné vers l'opérabilité des méthodes (photogrammétrie et lasergrammétrie) compte tenu des verrous méthodologiques identifiés dans les différentes communautés (ingénieurs,



archéologues, architectes, géographes, géologues). Il est basé sur trois étapes :

- acquisition des données spatiales : caractérisation et évaluation des outils de numérisation, solutions open-source ou de service web de génération de nuages de points denses, méthodologies de géoréférencement ;
- modélisation : qualité, segmentation des données, calcul et texturage automatique des modèles 3D ;
- gestion des données spatiales : structure et gestion des modèles, publication de la donnée 3D, BIM patrimoniaux (H-BIM) (figure 7).

Le rayonnement de l'équipe est national et international :

- par la participation à des conseils nationaux : CNIG, OGE, AFT, ICOMOS ;
- par sa présence au sein de comités d'organisations internationales (CIPA et ISPRS) ;
- par la participation à des conférences internationales (environ 300 articles publiés depuis la création de l'équipe) ;
- par l'organisation d'événements scientifiques (Symposium CIPA 2013 et *Workshop LowCost 3D, Optical 3D Metrology 2019* à l'INSA Strasbourg), d'une école d'été en Indonésie en août 2019 avec l'Institut de Technologie de Bandung.

Déroulement du cursus

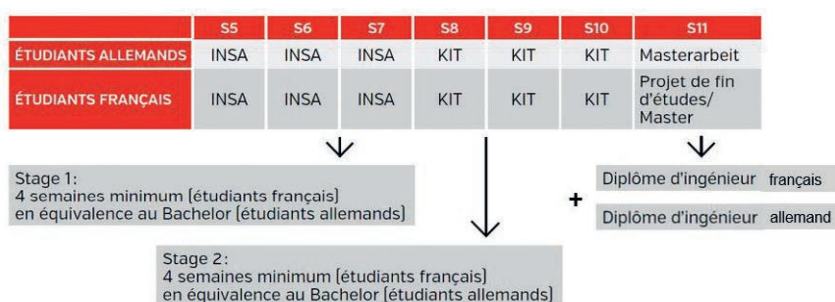


Figure 6. Déroulement du cursus à double diplôme INSA-KIT

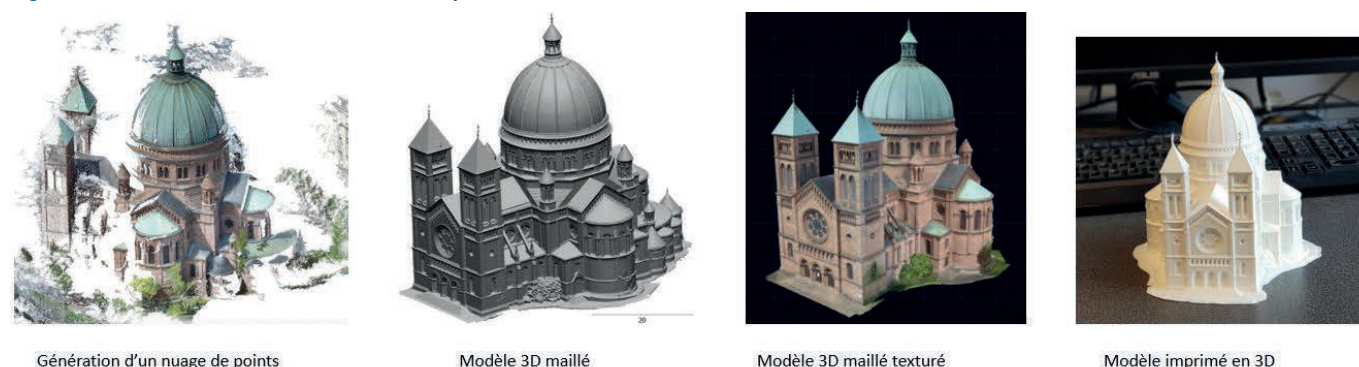


Figure 7. De l'acquisition lasergrammétrique et photogrammétrique au modèle 3D imprimé

Ces activités de recherche nous aident grandement à percevoir les évolutions nécessaires dans la formation.

Création de formations

Les élèves ont la possibilité de coupler à leur formation d'ingénieur topographe, des formations complémentaires leur permettant de se spécialiser, par le biais d'un cursus à double diplôme avec l'université de Karlsruhe ou d'un master recherche IRIV à Illkirch. Récemment, pour répondre à un besoin de compétences élargies, nous avons ouvert un cursus architecte ingénieur topographe, qui connaît déjà un grand succès. Et enfin, pour les élèves souhaitant garder un pied dans l'entreprise, un contrat de professionnalisation leur est proposé.

■ Cursus à double diplôme INSA-KIT

Depuis 2006, les élèves topographes ont la possibilité de suivre un cursus à double diplôme franco-allemand en géodésie et géo-informatique, mis en place avec l'institut de technologie de Karlsruhe (*KIT, Karlsruher Institut für Technologie*), anciennement université de Karlsruhe. Au bout de 2 x 3 semes-

tres de formation ingénieur, les élèves préparent leur PFE en France ou en Allemagne (ou à l'étranger) avant d'obtenir les deux diplômes : celui de l'INSA Strasbourg et celui de l'université de Karlsruhe (figure 6).

■ Master recherche IRIV

Dans les années 90, les étudiants pouvaient préparer, en parallèle à la 5^e année, un Diplôme d'Études Approfondies (DEA) en "Systèmes spatiaux et aménagements régionaux" avec la faculté de géographie de Strasbourg. Dans les années 2000, un master avec l'université de Nancy (*Master Design Global*, spécialité Modélisation et Simulation des Espaces Bâti) était proposé à nos étudiants. Depuis 2018, nous proposons un master IRIV (Imagerie, robotique et ingénierie pour le vivant), parcours Topographie et Photogrammétrie, qui se déroule en partie à l'INSA et à Télécom Physique Strasbourg (TPS) à Illkirch. Le tronc commun du master est l'image : modalités d'imagerie et traitement d'images, apprentissage et reconnaissance de formes, vision par ordinateur, algorithmique, *deep learning*. Le parcours Topographie et Photogrammétrie inclut des cours d'initiation à la recherche, de photogrammétrie/MNT, de télédétection/radar/laser et de système d'information géographique. Le mémoire de fin d'études pour ce Master doit être consacré à un travail de recherche.

■ Formation architecte-ingénieur topographe

Depuis 2017, il est également possible de suivre une formation d'architecte et ingénieur topographe (AI-topo), en sept ans, à l'INSA Strasbourg. Cette double casquette est particulièrement

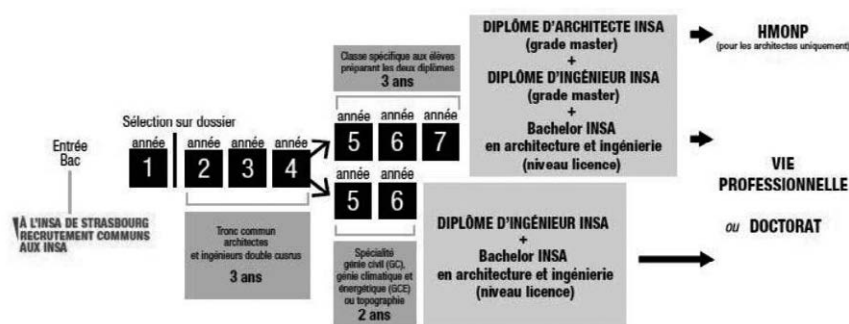


Figure 8. Parcours d'un ingénieur en double cursus Architecte-ingénieur



Figure 9. Journée de rencontre étudiants professionnels (janvier 2020)
Une occasion pour affiner son orientation

plébiscitée avec la montée progressive des métiers du BIM notamment. Une promotion compte 56 étudiants, qui suivent tous le même socle de formation en architecture et ingénierie (cours de génie civil, de génie climatique et énergétique et de topographie) et se scindent en 3 groupes, pour suivre quelques cours spécifiques à leur métier d'ingénieur. Six places sont ouvertes au parcours "Topographie" (figure 8).

La formation architecte-ingénieur topographe est envisageable sous deux formes de double cursus :

- en 6 ans après le bac : obtention d'un diplôme d'ingénieur en topographie et d'un bachelor en architecture et ingénierie ;
- en 7 ans après le bac : obtention du diplôme d'ingénieur en topographie et celui d'architecte de niveau master.

■ Formation professionnalisante

Les élèves-ingénieurs en topographie qui ont validé leur 4^e année, leur période de mobilité à l'étranger et leur TOEIC et ne sont pas inscrits dans un parcours particulier (sport, arts, double cursus) peuvent réaliser leur 5^e année sous contrat de travail à durée déterminée (CDD) rémunéré de 12 mois, avec un statut de salarié. L'étudiant se met au service de l'entreprise qui lui confie des missions d'ingénieurs. Cette expérience de travail en situation professionnelle exige de l'étudiant d'alterner entre des périodes de formation à l'INSA Strasbourg et des périodes de travail en entreprise.

Et la suite ?

Nous ne pouvons pas clore cette synthèse sans mentionner le soutien fidèle de l'association des anciens élèves : L'Association Arts & Industries (A&I) regroupe l'ensemble des diplômés

de l'INSA Strasbourg, de l'ENSAIS, de l'ENIS, de l'ENIA et de l'ENTS depuis 1875, date de la création de l'établissement. Née en octobre 1934 sous l'impulsion d'un groupe de diplômés déterminés, ses membres ont lutté, de génération en génération, pour que la qualité de l'enseignement de l'École soit reconnue sur le plan national. La capacité professionnelle de ses diplômés est maintenant établie au sein des entreprises et organismes internationaux dans lesquels ils exercent. Depuis 1952, date à laquelle l'association décide de construire un "Foyer" pour loger les élèves, l'association Arts et Industries veille à proposer des logements dans ses Maisons de l'Ingénieur et de l'Architecte, à un maximum d'étudiants de l'école (450 logements à proximité).

De l'apprentissage : l'INSA propose des formations par alternance en Génie climatique et énergétique, en Génie électrique, Génie mécanique, Mécatronique et Plasturgie. À présent, c'est au tour de la spécialité topographie de plancher sur l'opportunité de proposer une formation par alternance avec le soutien des géomètres-experts.

Des évolutions "forcées" : les chantiers à court terme pour notre formation, en prévision du passage de la commission nationale des titres d'ingénieur (CTI), sont la mise en place de l'évaluation des compétences de chaque étudiant, de façon à permettre la confrontation de son profil à celui établi avec le soutien du milieu professionnel. Un autre souhait, dans le but de favoriser l'accueil d'étudiants étrangers consiste à proposer des enseignements en anglais. Et enfin, dans le souci de réduire les frais liés aux personnels enseignants et pour exploiter les nouvelles technologies de l'information, le montage de cours en ligne et de tutoriaux est vivement suggéré. Si l'initiation à la recherche dans les formations

a également été exigée par le dernier passage de la CTI, son introduction dans nos enseignements s'est toutefois faite naturellement en topographie, en raison des thématiques de recherche assez proches des préoccupations des entreprises.

Des relations précieuses avec le monde professionnel : nous profitons de ces colonnes pour remercier les nombreux chargés d'enseignement qui s'impliquent dans la formation de nos étudiants, et ont à cœur de leur faire partager leur expérience dans les domaines juridique, de la pratique professionnelle de géomètre-expert, dans les travaux pratiques de topographie, en initiation à la recherche (figure 9). Nous saluons également les entreprises participant activement aux événements que nous organisons, dans le but, non seulement de favoriser l'ouverture de nos étudiants, mais aussi de faire parler du métier d'ingénieur topographe, qui malgré nos efforts de communication (blog, réseaux sociaux, journées du patrimoine, fête de la science et autres) reste un métier méconnu comparé aux autres formations d'ingénieurs que propose notre établissement. ●

Abonnez-vous au blog de la spécialité Topographie :



Et suivez-nous sur LinkedIn :

