



Ingénieurs ENSTA Paris et santé

1. Introduction

Par [Julien SPORTISSE](#) (ENSTA Paris 2002)

2. Mot du président ENSTA Alumni

Par [Laurent THIEFFRY](#) (ENSTA Paris 1990)

3. L'ingénierie pour la santé : un nouvel axe stratégique pour ENSTA Paris

Par [Laurent EL KAIM](#) (Directeur adjoint de la formation et de la recherche, en charge de la recherche)

4. Entretiens

- [Didier ALLEXANDRE](#) (ENSTA Paris 1995), Biofourmis
- [Karine SEYMOUR](#) (ENSTA Paris 1996), Avrio MedTech
- [Laurent DUBALEN](#) (ENSTA Paris 2001), Arthur D. Little
- [Pascal GATESOUBE](#) (ENSTA Paris 2001), GE Healthcare
- [Georges ASSAF](#) (ENSTA Paris 2005), UCB
- [Karim MEJRI](#) (ENSTA Paris 2006), Julhiet Sterwen
- [Laurent ZENOU](#) (ENSTA Paris 2007), Novair
- [Marie-Thérèse DANGLES](#) (ENSTA Paris 2009), Hôpital Fondation Adolphe de Rothschild
- [Clotilde AURIOL \(DUFOURNET\)](#) (ENSTA Paris 2015), Air Liquide
- [Émeline SIMONETTI](#) (ENSTA Paris 2015,5), CERAH (Centre d'études et de recherche sur l'appareillage des personnes handicapées)
- [Pierre ROSTAN](#) (ENSTA Paris 2017,5), ARS (Agence régionale de santé)

5. Conclusion

Par [Hugues DU JEU](#) (ENSTA Paris 1980)

1. Introduction



Julien SPORTISSE
(ENSTA Paris 2002),
Managing Partner du
cabinet **KARETIS**
« *advisory, data et
tech* » au service des
acteurs de santé

L'ingénieur se trouve aujourd'hui au carrefour de nombreuses innovations en santé.

Depuis longtemps déjà, l'ingénieur jouait un rôle clé dans le développement de matériel médical, dans les chaînes de production des médicaments et au sein des équipes de R&D à la découverte des molécules de demain.

Mais ce n'était qu'un début. La révolution numérique du monde de la santé met plus que jamais l'ingénieur au cœur du réacteur : pour accélérer l'identification et le développement de nouveaux traitements, mettre au point des outils de diagnostic et de suivi plus personnalisés, jusqu'à des thérapies digitales qui promettent de nous soigner au même titre que la chimie et les biotechnologies.

Cette révolution intervient alors que la santé doit se réinventer sur de multiples fronts devant la chronicisation de certaines maladies, le vieillissement de la population et l'évolution des modes de vie. Les besoins de santé sont énormes, les ressources limitées. Il faut donc innover, et innover encore.

Aujourd'hui, il ne s'agit plus uniquement de produire un médicament et de traiter un organe défaillant. Il s'agit d'anticiper la maladie, d'aider au diagnostic, de personnaliser les thérapies, d'assurer le suivi du patient au long cours, si possible à son domicile ... et ce, tout au long du « parcours de soins », pour ne pas dire du « parcours de vie ». Dans ce passage du « *cure* » au « *care* », l'ingénieur joue un rôle moteur à toutes les étapes.

En ligne de mire, la « médecine des 6P » : Personnalisée, Préventive, Prédicative, Participative, Pertinente (basée sur les preuves) et Pluriprofessionnelle (selon des logiques de parcours).

Il ne s'agit pas de verser dans le « solutionnisme » (la technologie résoudra tous nos problèmes), ni dans le « transhumanisme » (l'homme augmenté par la

technologie sera immortel). Il s'agit juste d'apprécier ici combien les sciences de l'ingénieur et ses compétences (voire une certaine forme d'état d'esprit) s'articulent de manière évidente jusqu'au chevet du patient, dans une longue chaîne d'expertises et de savoir-faire complémentaires.

Ce que ces pages nous montrent c'est la richesse des profils d'ingénieurs ENSTA sur tous les enjeux contemporains de la santé, au sens large. Des enjeux de recherche scientifique, de souveraineté industrielle, de cybersécurité, d'organisation territoriale, de performance économique, de qualité de vie, bref : bien vivre, bien guérir, bien vieillir.

L'ingénieur est à son poste : dans les jumeaux numériques pour tester de nouvelles molécules (*in silico*) et simuler l'impact de futurs traitements, dans les chaînes de production des principes actifs (que l'on espère dorénavant « *made in Europe* »...), dans les machines toujours plus perfectionnées en matière d'imagerie médicale, de séquençage d'ADN, de chirurgie robotisée, de bio-impression d'organes en 3D...

Avec le boom informationnel, les opportunités d'innovations portées par l'ingénieur se multiplient : et si comme le médicament, la *data* pouvait sauver des vies ?

Quand l'information est collectée au bon moment, analysée par le bon algorithme, partagée aux bons professionnels, alors elle permet d'accélérer une prise en charge, de fiabiliser un diagnostic ou de proposer un traitement plus adapté au profil du patient. Certes, encore faut-il que tous ces systèmes d'informations soient interopérables et sécurisés... Le sujet est tout sauf trivial.

L'innovation en santé est donc bien une œuvre multidisciplinaire par définition, avec de nombreuses opportunités d'épanouissement professionnel pour l'ingénieur ENSTA Paris : laboratoires de recherche, industriels du médicament, fabricants de dispositifs médicaux, startups de la e-santé ou de la « *health tech* », cabinets de conseil, mutuelles, assurances, autorités de santé...

Les enjeux de développement, de production et de commercialisation des innovations sont majeurs. De même que les enjeux de financement et d'organisation des soins, tant au niveau national que territorial.

A travers ces pages, saluons donc tous ces ingénieurs qui contribuent à inventer la santé de demain. Certains font même le choix de devenir soignants eux-mêmes !

Pour améliorer la prise en charge des patients, optimiser les décisions de traitement et renforcer le suivi thérapeutique, de plus en plus d'ingénieurs seront nécessaires afin de tirer le meilleur parti de cette révolution *data-tech* de la santé.

D'autant plus que les frontières s'estompent entre la santé et de nombreux autres domaines de prédilection de l'ingénieur : l'environnement, l'énergie, l'agroalimentaire, l'urbanisme... autant de secteurs qui semblent à première vue éloignés du monde médical, alors qu'on sait aujourd'hui que leur impact sur la santé est majeur.

La multiplication des données a mis en évidence des réseaux d'interdépendances qui sont autant d'opportunités d'innover.

Aujourd'hui, l'ingénieur de la « *smart city* » doit intégrer les enjeux de santé dans sa réflexion, celui de la « *smart car* » et de la « *smart energy* » aussi. Bref, on a pris conscience que la santé est partout !

Puissent ces quelques pages motiver les plus jeunes à s'orienter vers ces domaines multiples, passionnants et à très forts enjeux : financiers, éthiques, organisationnels, technologiques et scientifiques, au service de l'humain et de tous ceux qui œuvrent, de près ou de loin, à en prendre soin.

2. Mot du Président ENSTA Alumni



Laurent THIEFFRY
(ENSTA Paris 1990)

Quelle société moderne n'a pas à cœur la santé et le bien-être ? À peine abordée il y a encore peu, la santé est aujourd'hui au cœur de nos fondements et des stratégies et je me réjouis qu'ENSTA Paris, en tant qu'école des souverainetés, ait

décidé de s'impliquer plus largement dans ce domaine dans les prochaines années, au même titre que ceux du transport, des énergies durables et de la défense.

Le monde du médical et le monde de l'ingénieur n'ont jamais été aussi proches de par la mise en œuvre de nouvelles technologies (notamment la biomécanique pour concevoir et développer des équipements capables de reproduire le fonctionnement des systèmes biologiques, la robotisation ou le numérique pour améliorer les outils de diagnostic et les moyens thérapeutiques) associées par la collecte et l'analyse des données médicales.

Si la santé est un thème émergent pour l'école, en lien avec les nouvelles technologies, mais aussi les attentes et la quête de sens des futurs ingénieurs, elle a déjà

lancé, sur l'année académique 2021 / 2022, un parcours « Mathématiques pour la santé et l'environnement ». Treize enseignants-chercheurs, répartis dans cinq de ses six unités d'enseignement et de recherche, mènent aussi actuellement des travaux en imagerie et radiologie, synthèse organique, robotique, couplage magnétisme et mécanique. Et ENSTA Paris a réuni son premier comité de pilotage RSE (responsabilité sociétale des entreprises) – auquel un membre du conseil d'administration de notre association participe – lors de la rentrée scolaire 2023.

Au niveau de l'Institut polytechnique de Paris (IP Paris), dont ENSTA Paris est membre fondateur, le centre interdisciplinaire « *Engineering for Health*, E4H » a été créé en juin 2022 et compte près de cent chercheurs associés.

Pour autant, la santé n'est pas un domaine si nouveau pour les ENSTA Paris, et de nombreux Alumni s'y investissent déjà depuis les années 1990. Que ce soit en faisant de la recherche, du développement informatique, du conseil, ou en pratiquant la médecine, leurs parcours sont divers et variés avec pour socle commun leur formation d'ingénieur généraliste, leur apportant des compétences interdisciplinaires et une vision d'ensemble des situations. Ce sont certains de ces profils riches d'enseignements que nous vous proposons de découvrir dans ce dossier « Ingénieurs ENSTA Paris et santé ».

Bonne lecture à toutes et à tous.

3. L'ingénierie pour la santé : un nouvel axe stratégique pour ENSTA Paris



Laurent EL KAIM, Directeur adjoint de la formation et de la recherche, en charge de la recherche

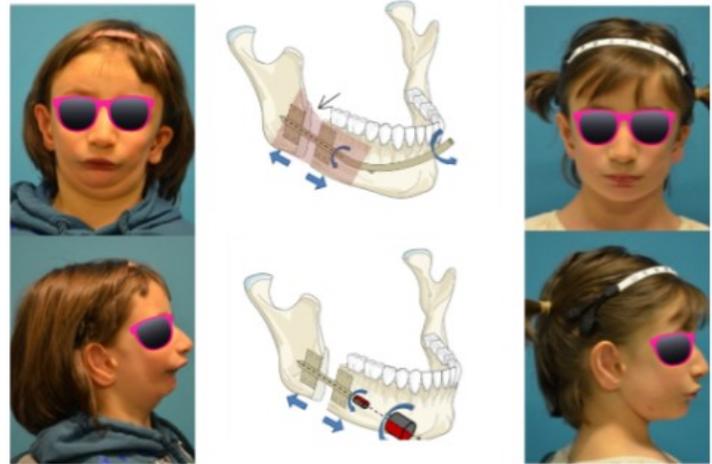
Insérée dans un réseau de laboratoires de recherche particulièrement dense et compétitif sur le plateau de Saclay, la recherche d'ENSTA Paris s'est positionnée depuis près de dix ans sur des axes thématiques pour lesquels ses compétences sont largement reconnues aussi bien sur le plan académique qu'industriel. La stratégie de recherche de l'école s'est ainsi construite en s'orientant vers trois domaines applicatifs majeurs : défense et sécurité, énergie durable, mobilité et transport, domaines couverts à travers les expertises des six unités de recherche de l'école : l'Unité Chimie et Procédés (UCP), l'Unité de Mathématiques Appliquées (UMA), le Laboratoire d'Optique Appliquée (LOA), l'Unité d'Informatique et d'Ingénierie Système (U2IS), l'Unité de Mécanique (UME) et

l'Unité d'Économie Appliquée (UEA). Si l'intitulé de ces laboratoires nous éloigne résolument du domaine des sciences de la vie, la thématique de la santé n'en est pas moins fortement représentée au sein de nos unités via les interfaces scientifiques très nombreuses qui caractérisent le développement du secteur de la santé. Intégrée au sein de l'Institut IP Paris, ENSTA Paris participe activement au centre interdisciplinaire IP Paris *Engineering for Health* (E4H) créé en 2022. Un chercheur de l'UME, Jean Boisson, fait partie du comité de pilotage de ce centre et parmi la centaine de chercheurs IP Paris qui y sont associés, plus d'une dizaine appartient à ENSTA Paris. Ils revendiquent un positionnement fort au sein du centre E4H avec des projets et des financements associés à nos compétences en mécanique, mathématiques, robotique ou modélisation. Ces projets donnent même lieu dans certains cas à des collaborations avec des services hospitaliers. Exceptée l'UEA, toutes les unités d'ENSTA Paris sont concernées par ces approches transverses au profit de la santé. Quelques exemples issus de ces cinq unités vont permettre de mieux illustrer cette implication forte.

L'Unité Chimie et Procédés est constituée de deux groupes de recherche, le groupe « synthèse organique et réactivité » autour de la chimie organique et le groupe « génie des procédés » avec un positionnement fort sur les procédés pour l'énergie. Ce dernier groupe travaille en particulier sur de nombreux outils de modélisation afin de comprendre les principes moléculaires de la combustion. En lien avec cette expertise, l'équipe de l'enseignant-chercheur Julian Garrec explore depuis deux ans les problématiques de mutation bactérienne en lien avec une maladie tropicale, la mélioïdose (projet Antires 2020-2023 avec l'Agence d'Innovation de Défense). Cette maladie, qui provoque des pneumonies souvent mortelles, représente un risque fort pour les militaires en opérations. Bien que des traitements antibiotiques existent, ces derniers sont peu efficaces avec une apparition rapide de phénomènes de résistance. Le groupe s'intéresse dans le cadre de ce projet aux modélisations des protéines mutantes afin de mieux comprendre ces dernières et leurs interactions non productives avec l'antibiotique commercial. À terme, de nouveaux antibiotiques pourraient être proposés.

L'Unité de Mécanique développe un spectre large d'activités autour de la mécanique du solide, de la mécanique des fluides, des interactions fluides / structures, des matériaux avec des applications importantes dans les domaines des transports, de l'énergie ou de la durabilité des systèmes industriels. L'équipe de Jean Boisson au sein de l'UME s'intéresse depuis de nombreuses années au couplage entre magnétisme et mécanique. Le projet Vivodogma démarré il y a huit ans est résolument tourné vers le domaine de la santé avec la mise au point par l'UME d'une nouvelle technologie magnétique pour assurer des distractions osseuses (figure 1).

Fig. 1 : Ostéogénèse avec distracteur à vis et distracteur magnétique



Après fracture de l'os, des mécanismes biologiques permettent la reconstruction des tissus osseux et le ressoudage des parties fracturées. Ce phénomène biologique peut être mis à profit pour allonger des structures osseuses sur quelques semaines grâce à des supports métalliques fixés sur l'os et déplacés mécaniquement. La figure 2 illustre le nouveau dispositif magnétique breveté (fixation sur l'os et dispositif externe pour assurer la rotation de l'aimant fixé à l'os) dont l'efficacité a pu être démontrée à l'occasion d'études cliniques menées sur plus d'une vingtaine de patients victimes d'accidents ou de malformations congénitales.

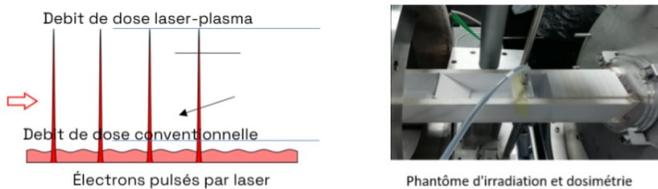
Fig. 2 : Distracteur magnétique et activateur externe



L'Unité de Mathématiques Appliquées est reconnue pour son expertise dans l'étude de problèmes inverses en lien avec la propagation d'ondes. Si l'étude des ondes sonores en milieu maritime a donné lieu à de nombreuses collaborations avec Naval Group, ces ondes sont aussi susceptibles de se déplacer dans des milieux biologiques complexes avec des enjeux importants dans le domaine de la santé et du diagnostic. Ainsi les travaux de l'enseignante-chercheuse Laure Giovangigli sur l'étude de problèmes inverses trouvent des applications directes sur les technologies d'imagerie médicale ultrasonores avec notamment une thèse menée récemment en collaboration avec le CMAP (École polytechnique) sur les corrections d'aberrations en échographie.

Les travaux réalisés par le Laboratoire d'Optique Appliquée sur la physique des lasers positionnent cette unité au plus haut niveau mondial. Spécialisée dans le développement d'impulsions lumineuses ultra-courtes (10-15 fs) et de très forte puissance, l'unité s'est fortement orientée vers l'étude des interactions laser-plasma et la capacité de ces dernières à générer des faisceaux de particules ouvrant de nouveaux champs applicatifs. Ainsi, l'utilisation d'électrons pulsés par laser est susceptible de concurrencer les méthodes actuelles de radiobiologie exploitant des accélérateurs de particules. Des résultats préliminaires semblent indiquer que l'envoi d'une dose de rayonnement très forte mais pendant un temps très bref permettrait de cibler spécifiquement les cellules cancéreuses tout en préservant les cellules saines environnantes (figure 3). Les enjeux associés à l'émergence de nouveaux protocoles de traitement de tumeurs cancéreuses sont tels que des financements importants ont pu être consacrés à cette étude dans le cadre du projet Laplace (7,5 millions d'euros attribués au LOA en 2022).

Fig. 3 : Radiologie au sein du projet Laplace



L'Unité d'Informatique et d'Ingénierie Système (U2IS) développe au sein d'ENSTA Paris une gamme de recherche large autour de l'informatique, l'intelligence artificielle, la robotique, ou les systèmes embarqués (traitement du signal et des images). Ses travaux dans le domaine de la robotique donnent lieu à des applications dans le domaine de la défense (essais de drones) et du transport (véhicule autonome), mais aussi de la santé avec de nombreux travaux sur l'aide à la personne et la détection précoce de pathologies cognitives. Dans le cadre du projet ENRICHME (figure 4), l'équipe du professeur Adriana Tapus a ainsi travaillé sur l'utilisation d'un robot mobile interactif capable de se déplacer de manière autonome dans le foyer d'une personne âgée souffrant de démence et / ou de troubles cognitifs légers tout en contrôlant périodiquement et discrètement les activités de la personne et certains paramètres physiologiques.

Fig. 4 : projet ENRICHME (Adriana Tapus, U2IS)



Ces quelques exemples illustrent dans des domaines scientifiques très différents le potentiel de nos expertises pour le domaine de la santé. Cette analyse partagée par plusieurs établissements partenaires d'IP Paris a été au cœur du projet de création du centre *Engineering for Health*. ENSTA Paris est d'autant plus attachée au développement de ce centre que la santé, depuis la crise de la COVID-19, est très largement reconnue comme une problématique de souveraineté nationale. Ce point, associé à l'émergence de nouveaux débouchés médicaux pour nos domaines scientifiques et nos futurs diplômés, a conduit l'école à rajouter, en 2023, l'ingénierie pour la santé comme un nouvel axe stratégique de développement d'ENSTA Paris à côté de la défense, du transport et des énergies durables.

4. Entretiens

Didier ALLEXANDRE (ENSTA Paris 1995)



En quoi consiste ton métier ?

DA. : Je suis un **manager de la science des données (Data science Manager) pour Biofourmis**.

Biofourmis est une entreprise technologique mondiale qui utilise sa plateforme de prestations de soins *Care@Home* et l'intelligence artificielle pour fournir une solution complète pour la surveillance, l'interprétation et l'analyse des données de santé et physiologiques.

Cette technologie permet à Biofourmis de suivre et gérer les patients de manière virtuelle ou en personne, de la gestion des soins chroniques à l'hospitalisation à domicile, ainsi que d'aider les entreprises pharmaceutiques à accélérer le développement de leurs produits ou augmenter l'efficacité des médicaments avec des thérapies numériques.

Je suis responsable du développement d'algorithmes sur les données physiologiques liées à l'activité pour notre moniteur de santé connecté, l'*Everion* et notre plateforme, *Care@Home*, utilisant le traitement du signal et l'intelligence artificielle. Cela inclut les algorithmes liés au sommeil, au nombre de pas, à la détection des chutes...

Quel a été ton cursus académique, et en particulier ta spécialisation à ENSTA Paris ?

DA. : J'ai été admis à ENSTA Paris à la sortie des classes préparatoires. Après avoir complété ma deuxième année, j'ai décidé de poursuivre un master en génie électrique et informatique à la *University of British Columbia* au Canada, avec une recherche dans la modélisation des ondes ultrasonores. Ce master servit d'équivalent de ma troisième année. Si bien que même si j'ai choisi la

spécialisation « électronique » si je me rappelle bien, je n'ai pas vraiment suivi cette formation à ENSTA Paris. J'ai ensuite travaillé deux ans pour General Electric Medical System à Buc (France) avant de décider de poursuivre un doctorat en génie biomédical à Case Western Reserve University, à Cleveland aux États-Unis.

Quelles ont été les grandes étapes de ton parcours depuis ta sortie d'ENSTA Paris ?

DA. : Mon parcours a beaucoup évolué au fil de ma carrière mais est toujours resté dans le domaine du génie biomédical et en particulier la mesure, l'étude et le traitement avancé des données physiologiques que ce soit cardiaque, musculaire ou neuronal.

Après avoir complété mon doctorat, j'ai suivi un parcours de recherche académique qui commença à l'Institut de recherche de Cleveland Clinic. La recherche se concentrait sur l'étude des effets physiologiques et biologiques du stress, de la relaxation et de la méditation, surtout dans le domaine cardiovasculaire.

Suite à une collaboration, mon intérêt de recherche s'est redirigé vers l'étude et la réhabilitation neuromusculaire de la fatigue chronique dans le cancer, et ensuite du trouble du mouvement suite aux lésions cérébrales traumatiques ou vasculaires et de la moelle épinière, tout en continuant d'étudier le potentiel de la méditation et l'imagerie dans ce domaine. C'est là que j'ai accepté un poste de directeur de recherche et de laboratoire à Kessler Foundation dans le New Jersey, où j'ai poursuivi dans ce domaine de recherche pendant 10 ans.

Désillusionné par le besoin croissant de faire des demandes de bourses pour financer les recherches et motivé par le désir d'avoir un impact plus pratique et immédiat, j'ai décidé de quitter récemment la recherche académique. J'ai eu la grande chance de trouver ce poste chez Biofourmis, qui me permet de mettre en valeur mon expertise technique et mon expérience de gestion de projets dans les capteurs biomédicaux et la collecte et le traitement des données physiologiques.

De ton point de vue, quel rôle a ou doit avoir l'ingénieur ENSTA dans le domaine de la santé ?

DA. : Un des côtés positifs de la COVID-19 est d'avoir mis en valeur les avantages et le potentiel de la télémédecine et des thérapies numériques, ainsi que la mise en place des régulations nécessaires à leur implémentation. En parallèle, la révolution technologique autour du *Big Data* et l'intelligence artificielle est en train de transformer la santé et l'industrie pharmaceutique. L'analyse et interprétation de cette vaste quantité de données historiques ou continues ouvre le potentiel d'améliorer le diagnostic, le suivi médical, la gestion des conditions chroniques et la délivrance du traitement de manière proactive, continue et personnalisée. La gestion des patients et des maladies chroniques de manière virtuelle et avec l'intelligence artificielle peut aussi offrir une solution au manque de médecins, au coût croissant de la santé, au

vieillesse de la population, tout en améliorant l'expérience du patient.

Mais le secteur a besoin d'opérer un changement majeur d'un point de vue médical, opérationnel, technologique, scientifique, culturel et de régulation pour pouvoir intégrer, capitaliser et bénéficier de cette révolution technologique.

Le secteur biomédical et de la santé est multidisciplinaire par nature. Le cursus scientifique, pluridisciplinaire et généraliste positionne de manière unique l'ingénieur ENSTA Paris pour contribuer à cette révolution technologique dans le domaine de la santé, que ce soit au niveau scientifique ou de l'encadrement et de la gestion de projets. Le cycle ingénieur dans les pôles « ingénierie mathématique » et « informatique », le cycle maîtrise en intelligence artificielle ou le doctorat semblent particulièrement bien adaptés pour cela.

Peux-tu nous donner l'exemple d'une action, d'un projet significatif que tu as mené en matière de santé ?

DA. : Dernièrement, nous avons développé un algorithme de détection de chute pour pouvoir répondre en cas de blessure. La première étape consiste à concevoir et implémenter un protocole clinique dans notre laboratoire pour générer les données nécessaires au développement. Les participants doivent porter plusieurs appareils de mesures et effectuer plusieurs types de chutes représentant tous les scénarios possibles. La capacité du modèle algorithmique d'apprendre à détecter les chutes dépend beaucoup de la qualité et du côté représentatif des données acquises par rapport à des chutes réelles. Ensuite, il s'agit pour notre équipe de traiter les données, d'extraire les informations et de développer le modèle de détection. L'algorithme final doit balancer la performance, la mémoire et la puissance de calcul limitée de notre moniteur.

Ce projet nécessite une expertise multidisciplinaire que ce soit dans la gestion générale du projet, la conception et la gestion d'essais cliniques pour générer les données, le développement programmatique et architectural de l'algorithme et les concepts mathématiques associés à l'intelligence artificielle. La science, l'intuition et la capacité à résoudre des problèmes et à promouvoir un travail collectif sont tous nécessaires au développement d'un algorithme performant et optimisé.

En quoi ta formation à ENSTA Paris t'a-t-elle aidé ou t'aide-t-elle dans cette action ? Dans ta fonction en général ?

DA. : Ce qui m'a aidé dans ma carrière scientifique et d'ingénieur, et ultimement dans ce projet, c'est la formation pluridisciplinaire d'ENSTA Paris couplée avec une formation mathématique solide et avancée en classes préparatoires et en première année.

Gardes-tu un souvenir anecdotique de l'école ?

DA. : Les activités extrascolaires et la création d'amitiés ont généré les souvenirs les plus mémorables tout en jouant un rôle extrêmement formateur d'un point de vue personnel. Après avoir passé trois ans à étudier en classes préparatoires pour les concours, les activités extrascolaires m'ont permis de m'ouvrir au monde tout en développant les

compétences socio-émotionnelles qui sont aussi nécessaires dans toute carrière. En particulier, mon expérience avec l'association Ingénieurs Sans Frontières, et les projet et voyage au Mali, ont été un des moments les plus décisifs dans ma vie et ont généré le désir de faire ma troisième année au Canada pour m'exposer à d'autres cultures et poursuivre une carrière dans le biomédical !

As-tu des conseils à donner aux élèves actuels ?

DA. : Une des raisons d'avoir choisi ENSTA Paris était l'aspect généraliste de sa formation d'ingénieur pour ne pas me confiner dans une spécialisation, ne sachant pas trop dans quel domaine je voulais poursuivre. ENSTA Paris et l'Institut polytechnique de Paris dont elle fait partie, offrent maintenant beaucoup plus de choix de cursus et de formations. J'encouragerais tous les élèves à explorer leurs options au travers des projets et des stages, et de tirer pleinement avantage des séjours à l'étranger.

La formation généraliste offre aussi l'avantage et la capacité d'explorer d'autres directions si une carrière ou un poste ne convient plus.

Embrassez la découverte et le changement pour trouver une carrière qui vous satisfasse et vous comble personnellement et professionnellement !

Karine SEYMOUR (ENSTA Paris 1996)



En quoi consiste ton métier ?

KS. : Je travaille depuis 26 ans dans le domaine de l'informatique hospitalière, avec une expertise dans l'interopérabilité des systèmes en imagerie médicale. Je suis une « startuppeuse » récidiviste. J'ai co-fondé la société XPRIM

(eXpertise en Réseaux d'Imagerie Médicale) en 2002, activité reprise par Maincare, et fondé Medexprim (www.medexprim.com) en 2015. Je me lance actuellement dans **une nouvelle aventure entrepreneuriale, avec la co-crédation d'Avrio MedTech**, proposant des services d'analyse de signaux EEG (électroencéphalogrammes) pour la prise en charge de l'épilepsie. Mon travail actuel, en tant que CEO, consiste essentiellement à formaliser la stratégie de l'entreprise, définir la *roadmap* produit et commerciale, définir les budgets, trouver des financements, recruter les bons collaborateurs.

Quel a été ton cursus académique, et en particulier ta spécialisation à ENSTA Paris ?

KS. : J'ai bénéficié d'un partenariat avec la *University of British Columbia* (Vancouver, Canada), où j'ai réalisé mon année de spécialisation en ingénierie biomédicale,

en même temps que l'obtention d'un *Master of Applied Sciences in Electrical and Computer Engineering* (1997). 20 ans plus tard, j'ai obtenu un *Executive MBA* de Toulouse Business School.

Quelles ont été les grandes étapes de ton parcours depuis ta sortie d'ENSTA Paris ?

KS. : J'ai commencé ma carrière à Vancouver au Canada en 1997, à la suite de l'obtention de mon master, chez un éditeur de logiciel en imagerie médicale, ALI Technologies (aujourd'hui la branche imagerie de Change Healthcare). Recrutée au niveau de l'équipe support, j'ai rapidement évolué vers des fonctions de gestion de produit et support technico-commercial.

Début 2000, je suis revenue en France. Rattachée à la branche européenne de la société (Allemagne), j'étais chargée de lancer les activités commerciales en France. Un premier gros contrat a été signé avec le CHU de Toulouse, avec lequel j'entretiens des relations étroites depuis lors. En 2002, j'ai co-créé XPRIM, représentant en France d'ALI Technologies, cédé quelques temps après à McKesson France (aujourd'hui Maincare) suite à l'acquisition d'ALI Technologies par McKesson US (aujourd'hui Change Healthcare). J'ai assuré la direction de la branche imagerie chez McKesson France jusqu'en 2005.

De 2006 à 2014, j'ai travaillé au sein du GIP télésanté Midi-Pyrénées (aujourd'hui e-Santé Occitanie) où j'ai assuré le management de différents projets : télémédecine, dossier médical partagé, système de gestion mutualisé d'images médicales.

En 2014, je suis retournée à l'école (Toulouse Business School, *Executive MBA*), afin d'enrichir mon bagage technique avec des compétences en stratégie, finance et marketing, en vue de développer mon projet de création d'entreprise.

J'ai créé Medexprim en 2015, avec pour mission de faciliter l'exploitation de données médicales, et notamment d'imagerie, pour la recherche. J'ai passé la présidence de la société en 2020 pour me focaliser sur la stratégie produit et assurer la coordination technique du projet européen [Chaimoleon](#) (rôle que j'occupe toujours aujourd'hui), puis quitté l'équipe opérationnelle en 2022. Medexprim est leader sur son marché en Europe et compte 40 personnes. Actuellement, je suis consultante et *business angel* (membre du conseil d'administration de Capitole Angels et membre de Femmes Business Angels). Surtout, je lance ma nouvelle startup : Avrio MedTech.

De ton point de vue, quel rôle a ou doit avoir l'ingénieur ENSTA dans le domaine de la santé ?

KS. : L'ingénieur ENSTA Paris, de par sa formation généraliste, mais complète, a la capacité de prendre en compte une problématique dans sa globalité, tant sur les aspects techniques qu'organisationnels, fonctionnels ou stratégiques. Il a la capacité d'identifier les *root causes* du problème, à distinguer l'important de l'urgent, à imaginer des solutions innovantes en privilégiant les *quick wins*. Il intervient en équipe et sait identifier les ressources dont il a besoin pour compléter ses propres compétences. Il n'y a pas de parcours type et chaque individu pourra évoluer

selon ses appétences, qu'il s'agisse d'un parcours d'expert technique ou de manager.

Peux-tu nous donner l'exemple d'une action, d'un projet significatif que tu as mené en matière de santé ?

KS. : Au-delà du développement de la société Medexprim, je dirais que la conduite du projet d'imagerie médicale en Midi-Pyrénées a été significatif en matière d'amélioration de la prise en charge des patients. Grâce à ce projet, tous les établissements de la région ont pu bénéficier d'un archivage numérique de leurs images. L'interprétation des examens d'imagerie a gagné en qualité, notamment grâce à un accès systématique aux examens antérieurs, élément particulièrement important en cancérologie.

En quoi ta formation à ENSTA Paris t'a-t-elle aidé ou t'aide-t-elle dans cette action ? Dans ta fonction en général ?

KS. : Sur le plan technique, mes années de formation ont été marquées par les débuts de l'Internet et m'ont apporté le bagage nécessaire pour démarrer ma carrière. En plus de ma formation technique, j'ai acquis une grande autonomie et des méthodes de travail. Au-delà de la partie pédagogie, je dirais qu'ENSTA Paris a forgé mon caractère, notamment au travers de mon implication au sein d'Ingénieurs Sans Frontières, ayant présidé l'antenne locale en 1994 / 1995.

Gardes-tu un souvenir anecdotique de l'école ?

KS. : Les courses de caddies dans les couloirs de l'école, boulevard Victor...

As-tu des conseils à donner aux élèves actuels ?

KS. : Soyez curieux, impliquez-vous dans des associations, restez modestes et soyez conscients des compétences que vous ne possédez pas et sachez vous entourer.

Laurent DUBALEN (ENSTA Paris 2001)



En quoi consiste ton métier ?

LD. : Je fais du **conseil en stratégie pour les industries de santé** (les laboratoires pharmaceutiques essentiellement). Mon métier consiste à mettre mon expertise du secteur au service de mes clients pour les aider à développer et mettre en œuvre les stratégies de commercialisation de leurs médicaments :

Comment évaluer le potentiel d'une thérapie innovante ?
Comment accélérer l'adoption d'une nouvelle molécule ?
Comment se différencier par rapport à ses concurrents ?...

Quel a été ton cursus académique, et en particulier ta spécialisation à ENSTA Paris ?

LD. : Je suis rentré à ENSTA Paris (promo 2001) après une prépa MP*. À l'école, je me suis spécialisé en mécanique et systèmes de transport.

Quelles ont été les grandes étapes de ton parcours depuis ta sortie d'ENSTA Paris ?

LD. : Même si c'était un peu abstrait pour moi à l'époque, je voulais faire du conseil à la sortie de l'école. Ainsi, j'ai fait mon stage de fin d'études chez ZS Associates, un cabinet de conseil américain qui s'est avéré être spécialisé dans le secteur de la santé. C'est donc un peu par hasard que j'ai découvert l'univers des laboratoires pharmaceutiques. J'ai été embauché au terme de mon stage et j'y suis resté quatre ans. En 2005, j'ai rejoint l'industrie, d'abord au siège mondial de Sanofi (à la tête d'une équipe qui s'occupait d'analyses de marché et du suivi de la performance des principaux médicaments et filiales du groupe), puis dans la filiale française du laboratoire Sandoz (comme « sherpa » de la présidente et ensuite comme directeur commercial du *business* hospitalier, à la tête d'une équipe de commerciaux et du service clients). Je suis retourné dans le conseil en santé, chez Quadrant Healthcare, une société qui venait de se créer et dans laquelle j'ai été nommé associé en 2017. Aujourd'hui, je travaille chez Arthur D. Little avec la mission de développer leur *practice* santé en France, au Benelux et en Suisse.

De ton point de vue, quel rôle a ou doit avoir l'ingénieur ENSTA dans le domaine de la santé ?

LD. : Même si cela ne paraît pas toujours un débouché naturel pour les ingénieurs (qu'ils viennent d'ENSTA Paris ou d'autres grandes écoles), le fait est que nous pouvons occuper des postes très variés dans le secteur de la santé. À la simple échelle de mes camarades d'école :

- L'un a fait de la R&D et co-fondé une société qui crée de nouvelles protéines, dont des anticorps et des enzymes servant de base à de nouvelles options thérapeutiques ;
- Une autre travaille sur le développement de thérapies géniques dans un laboratoire pharmaceutique ;
- Un autre est à la tête des approvisionnements (*supply*) d'un laboratoire pharmaceutique ;
- D'autres encore travaillent comme moi dans l'univers du conseil, pour aider les laboratoires à réussir la commercialisation de leurs médicaments.

Les ingénieurs ENSTA Paris peuvent (et doivent !) donc jouer un rôle important dans les industries de santé : en R&D, en *supply* ou dans la commercialisation de médicaments innovants.

Peux-tu nous donner l'exemple d'une action, d'un projet significatif que tu as mené en matière de santé ?

LD. : Un de mes projets les plus récents a consisté à aider un laboratoire pharmaceutique à lancer la première thérapie génique pour traiter les jeunes garçons atteints de la maladie de Duchenne (une maladie neuromusculaire qui provoque un affaiblissement progressif des muscles, une perte d'indépendance, avec une espérance de vie qui ne dépasse malheureusement pas 30-40 ans). Les thérapies géniques ne sont pas de la chimie classique : ce sont des traitements hyper-individualisés qui consistent à introduire du matériel génétique dans des cellules pour éliminer ou réparer un gène altéré, modifier l'ARN afin d'obtenir une protéine fonctionnelle, ou encore détruire des cellules tumorales. Ce type de thérapies très innovantes est non seulement très complexe à développer et à produire (pour les laboratoires) mais aussi à administrer aux patients (besoin de mettre en place des protocoles spécifiques pour les hôpitaux). Mon client a fait appel à nous pour les aider à mettre en place leur programme d'accompagnement des hôpitaux pour faire en sorte que les équipes médicales puissent utiliser cette thérapie génique aussi vite que possible après son approbation.

En quoi ta formation à ENSTA Paris t'a-t-elle aidé ou t'aide-t-elle dans cette action ? Dans ta fonction en général ?

LD. : En étant une école généraliste, ENSTA Paris nous apprend à naviguer dans des domaines très variés. Même si ma spécialisation était en mécanique, mon premier employeur a eu confiance en ma capacité à rapidement appréhender un domaine très différent.

De plus, les industries de santé sont très riches en données, qu'il faut savoir faire parler. Ma formation à ENSTA Paris m'a permis d'acquérir les concepts et les outils nécessaires à leur analyse.

Gardes-tu un souvenir anecdotique de l'école ?

LD. : En première année à ENSTA Paris, j'étais trésorier du BdE. L'apprentissage de la comptabilité analytique y fut douloureux mais largement compensé par l'excitation d'utiliser la broyeur « trieuse à pièces » pour calculer la recette des « Boom ENSTA » de l'époque.

As-tu des conseils à donner aux élèves actuels ?

LD. : Restez ouverts : comme moi, vous aurez peut-être des opportunités intéressantes dans des domaines qui ne sont pas celui de votre spécialisation.

Investissez-vous dans les associations, dont les apprentissages seront complémentaires de votre cursus académique.

Pascal GATESOUBE (ENSTA Paris 2001)



En quoi consiste ton métier ?

PG. : Je travaille actuellement chez **GE HealthCare**, un des grands acteurs de l'imagerie pour la santé. J'y occupe le poste d'**ingénieur principal** pour le développement des équipements médicaux dédiés à la santé de la femme, et du cancer du sein en particulier. C'est un rôle à

l'interface entre la technologie et le développement produit, dont la mission est principalement de définir et mettre en œuvre les stratégies qui nous permettent d'acquérir les technologies clés nécessaires à la réalisation des équipements innovants attendus par nos clients.

Je couvre essentiellement les sujets liés aux données :

- L'interopérabilité ou comment s'assurer que nos équipements communiquent bien dans les différents écosystèmes (hôpitaux, cliniques...);
- La cybersécurité, sujet devenu ces dernières années un enjeu majeur dans le domaine de la santé ;
- Et enfin, les analyses de données techniques de nos équipements, pour offrir le meilleur support à nos clients.

Sur ces trois sujets, je coordonne de petites équipes expertes pour assurer les différentes étapes de l'innovation technologique, de la participation aux communautés scientifiques pour la définition des standards, à la veille technologique, aux études de faisabilité pour atteindre le niveau de maturité permettant l'intégration aux produits et enfin à l'industrialisation dans nos produits.

Tout l'enjeu est de garder un alignement parfait avec la vision produit et les besoins stratégiques du *business*, tout en ayant toujours un temps d'avance, ce qui est rendu possible par un travail étroit avec d'un côté les équipes terrain et produit, et de l'autre les équipes techniques de R&D, principalement logicielles.

C'est un travail de patience car il peut se passer beaucoup de temps entre les premières idées et le moment où nos clients, les médecins, pourront l'avoir entre les mains ; mais quelle joie quand le moment arrive et que cela fonctionne !

Quel a été ton cursus académique, et en particulier ta spécialisation à ENSTA Paris ?

PG. : Je suis passé par le cursus des classes préparatoires (Mathématiques / Physique) puis par ENSTA Paris, à l'époque encore Porte de Versailles. Après une spécialisation en informatique et traitement du signal, j'ai été longtemps tenté par le domaine de la recherche en particulier dans la reconnaissance de la parole. Mais c'est finalement dans l'industrie de l'imagerie médicale que j'ai trouvé mon stage de fin d'études, chez GE HealthCare, ce qui allait marquer le point de départ de ces plus de vingt ans dans le domaine de la santé.

Quelles ont été les grandes étapes de ton parcours depuis ta sortie d'ENSTA Paris ?

PG. : Je suis depuis toujours resté fidèle au domaine du dispositif médical au travers duquel j'ai pu découvrir deux entreprises de tailles très différentes : une grosse multinationale de renommée mondiale avec GE HealthCare, et une PME à fort historique français et italien, Sorin CRM, aujourd'hui MicroPort, qui développe des implants cardiaques.

J'ai pu y découvrir et y jouer de nombreux rôles constitutifs d'une R&D, en commençant par le métier de développeur logiciel (algorithmes et petites applications d'imagerie), puis celui d'architecte et responsable technique logiciel sur ces mêmes applications et les spécificités du domaine médical, dont la gestion du risque patient.

Puis, j'ai voulu aborder les autres volets de l'industrialisation en découvrant les métiers de la gestion de projets médicaux : intégration des volets production, service, marketing, fournisseurs affaires, réglementaire et qualité. Cela a été aussi l'occasion de mettre un pied dans les problématiques de gestion de projets, à une époque où les principes du développement Agile faisaient leur apparition dans le domaine très réglementé du dispositif médical.

Je suis resté assez longtemps sur des rôles de gestion de projets, et j'ai eu la chance de pouvoir industrialiser des produits très variés : des suites d'application d'imagerie, une station de revue de mammographie numérique, des appareils pour piloter des implants cardiaques et même une solution de télé-cardiologie.

Jusqu'à présent « à la réalisation », avec une connaissance solide du « comment » on fait un dispositif médical, j'ai voulu prendre part à la définition du « quoi », et participer à la stratégie de l'entreprise. C'est ainsi que j'ai pris le rôle de manager de l'équipe logiciel applicatif et où j'y ai donc découvert un nouveau métier et ces nouvelles dimensions, humaines et organisationnelles. Avec la chance d'être entouré d'une équipe fantastique, à cheval entre Paris et Turin, nous avons pu mettre en œuvre un virage technologique et initier une nouvelle génération pour nos produits ainsi que sur les méthodes de développement (début du *DevOps*, automatisation des tests...).

C'est en souhaitant encore me rapprocher du « quoi » que j'abandonnais le rôle de manager pour ce dernier rôle au cœur de la stratégie produit de l'entreprise, renouant ainsi avec la technologie et la finalité de notre activité : le produit.

De ton point de vue, quel rôle a ou doit avoir l'ingénieur ENSTA dans le domaine de la santé ?

PG. : Avec son cursus généraliste, l'ingénieur ENSTA Paris peut bien entendu jouer un rôle sur une multitude de métiers dans le domaine de la santé, de la recherche biomédicale à l'industrialisation d'équipements, de médicaments, en passant par l'organisation des filières de santé ou simplement la gestion hospitalière.

Cependant, il y a quelques domaines nécessitant une expertise scientifique d'ingénierie de pointe, où l'ingénieur ENSTA Paris a un rôle tout particulier à jouer.

En effet, ces dernières années, le rôle des métiers de la donnée a littéralement explosé dans le domaine de la santé avec la digitalisation des services, l'interconnexion des systèmes (le dossier patient électronique), les nouvelles méthodes d'intelligence artificielle nourries à grandes quantités de données et la course à la donnée qui en découle. Ces technologies qui sont en train de transformer les métiers de la santé, l'ingénieur ENSTA Paris se doit d'en rester à l'avant-garde, en lien fort avec le monde de la recherche, afin d'assurer le maintien de la compétitivité de notre tissu industriel dans l'innovation et permettre à notre système de santé de réaliser avec succès sa transformation numérique.

Il s'agit bien là de savoir faire le pont entre la recherche, la théorie, et l'application et l'implémentation concrète : comprendre et savoir faire.

Peux-tu nous donner l'exemple d'une action, d'un projet significatif que tu as mené en matière de santé ?

PG. : Avoir un *pacemaker* est extrêmement contraignant : il est nécessaire de le faire contrôler régulièrement auprès de son cardiologue. Ce simple contrôle impliquait de grands déplacements pour certaines personnes habitant de grands espaces. C'est pour répondre à cette problématique que nous avons lancé un projet de télé-cardiologie permettant d'effectuer ce contrôle au chevet du patient de façon totalement automatique. C'était un tout nouveau type de projet pour nous, habitué au dispositif médical isolé – on entrait de plain-pied dans le monde de l'*IoT* (objets connectés) avec ses enjeux de cybersécurité, ses contraintes réglementaires sur la protection des données et bien entendu ses technologies et concepts bien spécifiques. Un autre projet significatif a été de faciliter l'adoption de la tomosynthèse du sein (imagerie mammographique 3D) pour qu'elle devienne un standard du dépistage du cancer du sein. En effet, la technologie existait depuis quelques années mais l'adoption par nos clients se passait avec beaucoup de difficultés : des volumes de données multipliés par dix, des écosystèmes très hétérogènes où des systèmes *high-tech* côtoyaient des systèmes d'une autre génération. La situation était telle que la FDA, l'organisme régulateur des États-Unis, avait été saisie pour tenter d'y trouver des solutions.

Dans ce contexte, il nous a fallu comprendre le marché, comment nos clients étaient structurés, selon les différents segments. Il nous a fallu travailler avec les différents acteurs de ces écosystèmes pour s'accorder sur des standards. Cela nous a permis d'identifier les outils et fonctionnalités clefs que l'on a pu ainsi développer et opérationnaliser avec les *process* et organisations adéquates. Aujourd'hui, la 3D (tomosynthèse) est devenue un standard dans de nombreux pays.

En quoi ta formation à ENSTA Paris t'a-t-elle aidé ou t'aide-t-elle dans cette action ? Dans ta fonction en général ?

PG. : Si mon travail n'implique pas de façon quotidienne une spécialité particulière de mon cursus à ENSTA Paris, en revanche, ma formation à ENSTA Paris m'a fourni un ensemble d'outils dans différents domaines, auxquels j'ai pu faire appel de façon ponctuelle mais efficace à plusieurs reprises. Que ce soient des notions de programmation, d'architecture, d'algorithmie ou de mathématiques et de probabilités, à de nombreuses reprises, ces concepts vus en école ont pu refaire surface au moment voulu et m'ont permis de mettre les bons mots, les bonnes équations, les bonnes logiques pour rapidement arriver aux bonnes conclusions.

Gardes-tu un souvenir anecdotique de l'école ?

PG. : Les années passées à ENSTA Paris ont été certainement déterminantes sur mon parcours professionnel. En particulier, les stages ont été un excellent moyen de réaliser ce qui me plaisait et ce qui me plaisait moins. Avec un peu de recul, je vois le côté formateur des modèles d'alternance que je n'avais pas exploités quand j'étais étudiant. À développer ?

As-tu des conseils à donner aux élèves actuels ?

PG. : Chaque parcours est unique mais il me semble que, pour débiter, il est important de se constituer un vrai savoir-faire. Les profils les plus brillants que j'ai pu observer chez nous alliaient une grande intelligence théorique à une débrouillardise technique qui faisaient des miracles. Ce sont eux nos véritables leaders. Profitez à fond de vos cours de qualité, apprenez des tas de choses, gardez l'esprit ouvert et faites ce qui vous plaît !

Georges ASSAF (ENSTA Paris 2005)



En quoi consiste ton métier ?

GA. : Je suis **chimiste process, responsable de projets** dans l'industrie pharmaceutique. Concrètement, je développe des procédés de synthèse organique pour fabriquer des principes actifs de médicaments. Ces procédés doivent permettre de répondre à la demande anticipée

du marché (exemple : combien de tonnes par an), aux requis réglementaires (études des impuretés à l'état de traces, préparation du dossier de soumission réglementaire), de créer de la valeur pour l'entreprise, pour les patients, et aussi de minimiser l'impact néfaste sur l'environnement.

Quel a été ton cursus académique, et en particulier ta spécialisation à ENSTA Paris ?

GA. : J'ai fait une prépa scientifique et j'ai été admis au concours de l'X. J'ai suivi les majeures chimie et biochimie à l'X et j'ai fait mon année d'application à ENSTA Paris ; il s'agissait d'une année d'application double car je ne savais pas si j'allais faire une thèse. Dans ce cas-là, j'ai opté pour un master de chimie de l'X, avec stage dans les laboratoires d'ENSTA Paris. En parallèle, j'ai suivi la troisième année du cursus ingénieur ENSTA Paris avec aménagement de cours pour suivre les deux formations.

Quelles ont été les grandes étapes de ton parcours depuis ta sortie d'ENSTA Paris ?

GA. : La première, et non des moindres, a été de décider thèse ou pas thèse. Pendant ma dernière année à ENSTA Paris, j'ai précisé mon projet professionnel : je voulais entrer dans l'industrie pharmaceutique et j'étais persuadé qu'une thèse en chimie organique était obligatoire. Alors que mes recherches de thèse n'aboutissaient pas vraiment, j'ai eu l'opportunité de rentrer chez Pfizer en Angleterre, à la paillasse, pour apprendre le métier de *process chemist*, sans thèse. J'ai adoré car j'ai appris sur le tas, loin des théories et des sujets de recherche à la mode du moment. J'ai aussi énormément progressé en anglais, pour y avoir vécu près de six ans.

La deuxième grande étape a été de quitter l'Angleterre pour la Belgique, d'accepter de partir d'une zone de confort vers l'incertitude et vers une nouvelle culture.

De ton point de vue, quel rôle a ou doit avoir l'ingénieur ENSTA dans le domaine de la santé ?

GA. : L'ingénieur ENSTA Paris doit apporter un regard critique, basé sur la science, les faits pour balayer les idées reçues ou les courts-circuits faciles (du genre « les *big pharma* ne pensent qu'aux profits ») et mettre la priorité sur les défis de la santé d'aujourd'hui et de demain : quel accès à la santé quand les hôpitaux et maternités ferment ? Quel accès aux médicaments de base quand tout devient cher ? Quelle santé quand les températures montent et que la malnutrition arrivera une fois les sources d'eau principales tarées ? Un ingénieur devra répondre à ces défis de la santé de demain.

Peux-tu nous donner l'exemple d'une action, d'un projet significatif que tu as mené en matière de santé ?

GA. : Faire mon job au mieux jour après jour pour accélérer la disponibilité d'un médicament pour les patients qui en ont besoin et qui parfois n'ont pas de traitement disponible.

En quoi ta formation à ENSTA Paris t'a-t-elle aidé ou t'aide-t-elle dans cette action ? Dans ta fonction en général ?

GA. : L'année de spécialisation à ENSTA Paris a proposé des sensibilisations aux domaines connexes de la santé. Produire génère des déchets. Produire doit se faire en accord avec les régulations en vigueur. Connaître et maîtriser le cycle de vie des déchets industriels, et en particulier les déchets chimiques de production de médicaments, est essentiel pour la pérennité de nos

activités sur Terre. On apprend à modéliser à ENSTA Paris (modélisation de procédés chimiques). Construire des modèles mathématiques pertinents permet d'anticiper et de corriger le tir ainsi que de mesurer l'impact d'actions correctrices.

Gardes-tu un souvenir anecdotique de l'école ?

GA. : Je me souviens de la bonne ambiance au laboratoire de chimie organique (Shrek a gazé tout le monde avec sa distillation de thiophénol) et de la semaine de visites de sites industriels dans la vallée du Rhône.

As-tu des conseils à donner aux élèves actuels ?

GA. : L'impact sur la planète doit être au centre des préoccupations. À court terme, nous verrons disparaître des espèces emblématiques. Le changement climatique va affecter la santé physique et psychologique à moyen terme. Utilisez votre énergie et vos capacités pour changer cela afin de maîtriser le cycle de l'eau et le cycle du carbone.

Karim MEJRI (ENSTA Paris 2006)



En quoi consiste ton métier ?

KM. : Je suis **consultant en stratégie, management et organisation**. J'aide les décideurs du secteur public, et plus particulièrement ceux du secteur de la santé, à bien concevoir et piloter les transformations stratégiques, managériales et numériques.

Dans le cadre de mon travail, j'ai accompagné plusieurs acteurs publics du secteur de la santé, comme les Agences régionales de santé (ARS), la Caisse nationale d'assurance maladie, ou encore l'Institut national du cancer.

Plus concrètement, mon métier de consultant couvre les types de missions suivants :

- Des missions de politiques publiques : il s'agit d'aider les organisations publiques de santé à définir leurs choix et leurs orientations pour les années à venir. Cela peut prendre la forme, par exemple, d'un plan régional de santé, à l'échelle d'une région, comme cela peut prendre la forme d'un contrat d'objectif et de gestion, entre une agence nationale et l'État. Il s'agit dans tous les cas d'un exercice contraint, où l'institution doit se conformer à un certain nombre de directives et d'orientations nationales. Mais il s'agit également d'un exercice de prospective qui se fait de façon ouverte, très souvent au travers de consultations larges de citoyens, de professionnels et d'acteurs du secteur.

- Des missions de transformation : dans ce type de mission, une agence ou une direction demande aux consultants de faire la revue de son organisation ou de ses processus internes. L'objectif peut varier mais il s'agit souvent d'optimiser les façons de travailler pour mieux servir les citoyens, gagner en efficacité ou encore mieux répartir la charge de travail entre les agents. Ce type de mission peut revêtir une dimension numérique, puisque la plupart des processus sont numérisés de nos jours ou sont en cours de numérisation. Comme il s'agit de changer la manière de travailler de plusieurs femmes et hommes au sein de l'organisation, le consultant est souvent amené à considérer la dimension humaine du changement. Cela donne lieu à des missions dites de « conduite du changement », où l'on s'attache à assurer la compréhension des agents et leur adhésion.

J'ai découvert au fil des ans une appétence pour le secteur de la santé et pour le secteur public. J'explique cette appétence par le sens qu'on trouve à ce type de missions : en effet, même en travaillant pour un cabinet privé, le fruit de mon travail profite à une organisation publique. Je participe de ce fait, à mon échelle, à servir l'intérêt général.

Quel a été ton cursus académique, et en particulier ta spécialisation à ENSTA Paris ?

KM. : J'ai intégré ENSTA Paris sur concours en 2003. J'ai suivi une majeure de mécanique en deuxième année, avec un stage de recherche à l'Université Technique d'Istanbul. J'ai choisi le parcours de spécialisation « Transports terrestres » en troisième année. J'ai effectué mon stage de fin d'études à la direction de la recherche et de l'innovation automobile de PSA Peugeot-Citroën, en 2006. Mon sujet de master concernait l'utilisation de matériaux innovants pour fixer le moteur au châssis et réduire les vibrations transmises à l'habitacle.

J'ai complété ma formation par un master « Théories et pratiques de l'innovation » à Paris-Dauphine. Pour mon mémoire de master, j'ai travaillé sur la transposition d'une méthode de conception innovante au domaine de la maîtrise des risques, en management.

Quelles ont été les grandes étapes de ton parcours depuis ta sortie d'ENSTA Paris ?

KM. : J'ai travaillé dans le conseil tout de suite après ma sortie d'école, tout d'abord pour des clients industriels que je connaissais déjà, tels que PSA Peugeot-Citroën, à l'époque. Ensuite, les missions se sont diversifiées, avec toujours un point commun : accompagner les transformations des organisations. J'ai mené des missions dans des groupes bancaires et énergétiques. Puis, au moment de la révolution tunisienne de 2011, mû par le désir de participer à l'élan de changement qui agitait mon pays d'origine, j'ai rejoint Tunis où j'ai travaillé pour le ministère de l'Emploi, puis pour un cabinet de conseil en stratégie. Mon travail au ministère de l'Emploi tunisien a été ma première expérience pour le secteur public. C'est suite à cette expérience que je me suis spécialisé dans le conseil pour ce secteur. Quand j'ai rejoint un cabinet qui venait de

se créer à Tunis, j'ai pu travailler sur la réforme des lois et des institutions en charge de l'investissement en Tunisie. J'ai également travaillé sur l'organisation d'un dialogue public-privé sur le secteur pharmaceutique, et sur une étude prospective financée par la Banque mondiale sur l'exportation des médicaments.

Je suis revenu en France en 2018, avec l'idée de continuer à faire des missions pour le secteur public. Au sein d'Eurogroup Consulting, j'ai pu accompagner des ARS, des agences nationales, en plus de diverses collectivités territoriales (conseils régionaux, conseils départementaux, communes...). En mai 2023, j'ai rejoint le cabinet Julhiet Sterwen en tant que *Senior Manager*, pour contribuer à développer les activités, toujours dans les mêmes secteurs de prédilection.

De ton point de vue, quel rôle a ou doit avoir l'ingénieur ENSTA dans le domaine de la santé ?

KM. : Un ingénieur ENSTA Paris peut aborder la santé de plusieurs angles différents, qui ne sont pas nécessairement exclusifs.

Tout d'abord, la santé est un champ d'innovation immense. On parle souvent des innovations thérapeutiques qui nécessitent des connaissances poussées en biologie et autres disciplines connexes, mais il ne faut pas oublier que le champ d'innovation en santé inclut également les dispositifs médicaux, qui peuvent être des composants technologiques (*hardware* et *software*) de haute technicité, faisant appel à de la robotique, de la programmation, du traitement de signal, de l'intelligence artificielle...

Ensuite, la santé est un objet de politique publique qui nécessite une réflexion collective, pas nécessairement experte, afin d'aider les organisations publiques à définir leur vision et leur plan d'actions sur le long terme.

Enfin, la santé est un champ de transformations organisationnelles induites par des réglementations contraignantes et par des attentes fortes de la part des citoyens. En tant qu'acteur du système de santé, l'ingénieur peut aider à anticiper, concevoir et implémenter ces transformations.

En résumé, la santé est un système complexe, ultra-régulé, où les aspects scientifiques, techniques, réglementaires, organisationnels et humains s'entremêlent. L'appréhension de la complexité de ce système est à la portée d'un ingénieur ENSTA Paris : nous sommes formés pour « gérer » les systèmes complexes et les faire évoluer.

Peux-tu nous donner l'exemple d'une action, d'un projet significatif que tu as mené en matière de santé ?

KM. : J'ai accompagné une Agence régionale de santé pour organiser une concertation auprès des professionnels et des citoyens, permettant d'identifier les attentes et les préoccupations en matière de santé, ainsi que les orientations stratégiques futures.

Nous avons commencé par définir la méthodologie et le calendrier d'intervention, en fonction des attentes de l'agence. Les modalités de consultation choisies étaient

multiples : consultation des citoyens et des professionnels sur une plateforme numérique dédiée, entretiens avec des experts, ateliers dans les départements de la région avec des citoyens volontaires...

Notre rôle a été d'assurer l'organisation de toutes ces modalités : concevoir le questionnaire en ligne, préparer et animer les entretiens et les ateliers... En plus de tout cela, c'est nous qui avons assuré le travail de synthèse et de présentation des résultats. Il s'agit d'une étape cruciale, car la matière « brute » collectée peut être abondante et inexploitable en l'état. Notre rôle est de rendre cette matière digeste, de la présenter de façon fluide et structurée. Cela fait appel à nos capacités à traiter des quantités importantes d'informations, quantitatives et qualitatives. Ma formation d'ingénieur est d'une grande aide pour mener cette mission ! En dernier lieu, il faut trouver l'histoire qui permet de « raconter » tout cela, et de rendre compte de la richesse de la matière collectée, tout en la rendant plus compréhensible.

Au-delà des aspects organisationnels et techniques qu'il a fallu maîtriser, j'ai personnellement beaucoup appris de ce projet. De plus, ce projet concrétise un engagement citoyen pour la santé des autres. Je retrouve ainsi un sens profond à ce que je fais au quotidien.

En quoi ta formation à ENSTA Paris t'a-t-elle aidé ou t'aide-t-elle dans cette action ? Dans ta fonction en général ?

KM. : Grâce à sa formation scientifique, un ingénieur ENSTA Paris a la capacité de rendre abstraites les données et les situations et de les traiter comme les termes d'une équation. En raisonnant de la sorte, on peut aborder n'importe quel problème de quelque nature que ce soit. De plus, nous avons la capacité de faire des matrices, pour croiser des notions de manière bi-dimensionnelle sur un tableau. Tout le monde n'aborde pas ce type d'exercices avec la même facilité, et l'on trouve vite des complémentarités avec des personnes issues d'autres types de formations.

Les ingénieurs sont généralement réputés pour avoir de la rigueur, d'aborder les problèmes de façon logique, d'avoir la capacité à appréhender et à concevoir des systèmes complexes.

Mais attention, ces capacités ne sont pas acquises pour la vie. Ce que l'on apprend à l'école nous permet de réussir une première mission, ou un premier poste. Plus les années passent, plus la performance dépend de notre engagement au quotidien et de notre appétence et notre capacité à apprendre. Le diplôme est une vitesse V0 qu'il faudra maintenir voire accélérer par la suite, et il faut de l'énergie car dans l'univers professionnel où nous évoluons, il y a du frottement qui risque de nous ralentir !

Gardes-tu un souvenir anecdotique de l'école ?

KM. : Avec un groupe d'amis, une fois, nous avons été au boom d'ENSTA Paris, boulevard Victor, dans le 15^{ème} arrondissement de Paris. Nous devions rentrer à la Cité Universitaire, dans le 14^{ème} arrondissement. Nous avons raté le dernier bus et le dernier métro, et devions faire les trois kilomètres à pied. Sauf que c'était l'hiver, il avait neigé.

Nous avons donc marché dans la neige pendant quarante minutes ! Pour une raison que j'ignore, l'éclairage public était éteint cette nuit-là. Cela ajoutait à l'étrangeté de cette longue marche. Nous sommes arrivés totalement exténués à la Cité Universitaire, les doigts gelés et grelottant de froid !

As-tu des conseils à donner aux élèves actuels ?

KM. : Anticiper l'avenir et l'inventer, car l'avenir vous appartient !

Laurent ZENOU (ENSTA Paris 2007)



En quoi consiste ton métier ?

LZ. : Je suis le **CEO du groupe Novair**. Nous fabriquons des générateurs d'oxygène et d'azote pour la santé et l'industrie. À ce titre, je pilote la stratégie et le développement du groupe et m'assure avec mon équipe de direction que nous atteignons nos objectifs de performance opérationnelle. Notre groupe étant une petite ETI, je reste très

proche du terrain et suis de près l'avancement de nos projets structurants.

Quel a été ton cursus académique, et en particulier ta spécialisation à ENSTA Paris ?

LZ. : J'ai toujours cherché à suivre un cursus le plus généraliste possible sachant que j'aurai besoin « d'un peu de tout ». J'ai suivi en particulier des cours en génie des procédés car il s'agissait du domaine le plus proche de ce à quoi je me destinais, et une spécialité en énergies renouvelables car, au gré des stages que j'ai effectués, j'ai conçu un intérêt particulier pour ce domaine.

Quelles ont été les grandes étapes de ton parcours depuis ta sortie d'ENSTA Paris ?

LZ. : J'ai fait au cours de mon cursus le maximum de stages, notamment via une année de césure, car je savais qu'à la sortie d'ENSTA Paris, je rejoindrais immédiatement l'entreprise familiale sans avoir l'occasion de passer par d'autres entreprises. Je suis rentré chez Novair en tant qu'ingénieur développement, puis j'ai occupé différents rôles, y compris commercial, avant de reprendre la direction générale six ans plus tard.

De ton point de vue, quel rôle a ou doit avoir l'ingénieur ENSTA dans le domaine de la santé ?

LZ. : Je pense que nous avons un triple objectif d'innovation, de performance et de qualité. Particulièrement dans le domaine de la santé où le fruit de notre travail consiste *in fine* bien souvent à sauver /

prolonger la vie ou améliorer les conditions de vie, cela force à l'efficacité et l'inventivité pour développer et mettre sur le marché le meilleur des technologies possibles.

Peux-tu nous donner l'exemple d'une action, d'un projet significatif que tu as mené en matière de santé ?

LZ. : La technologie que nous développons chez Novair consiste à permettre aux hôpitaux de produire eux-mêmes l'oxygène médical plutôt que de se le faire livrer par camion sous forme conditionnée ou liquide. Notamment, cela permet de donner accès à l'oxygène à des hôpitaux rencontrant de grandes difficultés d'approvisionnement, ou n'ayant pas le budget pour acheter l'oxygène en quantité suffisante. Nous travaillons avec d'importantes ONG pour « re-oxygéner » de nombreux pays d'Afrique et d'Asie, et c'est probablement pour nous le projet le plus significatif que nous menons, avec un impact concret et immédiat sur les populations locales.

En quoi ta formation à ENSTA Paris t'a-t-elle aidé ou t'aide-t-elle dans cette action ? Dans ta fonction en général ?

LZ. : Ma formation à ENSTA Paris, y compris les stages que j'ai pu effectuer pendant mon cursus, m'ont fourni le bagage et l'expérience nécessaires pour appréhender tout type de situation et être à l'aise à la fois sur des sujets techniques, économiques ou financiers.

Gardes-tu un souvenir anecdotique de l'école ?

LZ. : Je garde un bon souvenir d'une nuit blanche passée avec tous les autres étudiants du cours d'informatique à finir de développer en C un système de transaction bancaire qui s'est mis à complètement buguer 1h avant l'heure limite de remise des fichiers. Tout est rentré dans l'ordre au tout dernier moment.

As-tu des conseils à donner aux élèves actuels ?

LZ. : Vous n'avez peut-être pas une idée précise du métier que vous voulez exercer : ça n'a pas d'importance, allez juste dans un domaine qui vous plaît et vous pouvez être sûr que ça marchera.

Marie-Thérèse DANGLES (ENSTA Paris 2009)



En quoi consiste ton métier ?

MTD. : Je suis **neuropédiatre épileptologue et neurophysiologiste**. Je travaille dans un service de neurochirurgie pédiatrique où il s'agit de réfléchir à la chirurgie la plus « sur-mesure » possible pour les enfants qui souffrent d'une épilepsie éligible à un traitement chirurgical. Cela consiste à réaliser une

cartographie fonctionnelle (des performances cognitives) et une cartographie lésionnelle (des réseaux neuronaux dysfonctionnants dans l'épilepsie) pour proposer une chirurgie sur mesure en vue d'obtenir une amélioration de l'épilepsie et une progression développementale.

J'ai également des missions d'enseignement et de recherche clinique.

Quel a été ton cursus académique, et en particulier ta spécialisation à ENSTA Paris ?

MTD. : J'ai fait une prépa Math Sup et Math Spé. J'ai intégré ENSTA Paris en 2006, voie signal informatique et systèmes, puis j'ai fait un *Master of Science* à l'Imperial College London en ingénierie biomédicale avec une majeure neurosciences. J'ai été diplômée en 2009. J'ai ensuite passé le concours de passerelle vers la troisième année de médecine.

Quelles ont été les grandes étapes de ton parcours depuis ta sortie d'ENSTA Paris ?

MTD. : Médecine :) Puis la spécialisation progressive et de plus en plus poussée vers la pédiatrie, les neurosciences et l'épileptologie.

De ton point de vue, quel rôle a ou doit avoir l'ingénieur ENSTA dans le domaine de la santé ?

MTD. : ENSTA Paris, sous tutelle du ministère des Armées, a une place particulière dans le domaine de la santé. En effet, les avancées technologiques développées pour l'armée ont systématiquement des applications en santé (systèmes d'imagerie, prothèses, *device* chirurgicaux... la liste est longue). Il ne suffit pas d'être bon en mathématiques pour s'épanouir ; à mon sens, un ingénieur ENSTA Paris issu d'une école aussi qualitative doit réfléchir sur le plan éthique aux objectifs qu'il souhaite servir. Ceci est vrai à toutes les échelles, en entreprise comme dans la recherche, et à tous les âges.

Peux-tu nous donner l'exemple d'une action, d'un projet significatif que tu as mené en matière de santé ?

MTD. : Ma carrière :)

En quoi ta formation à ENSTA Paris t'a-t-elle aidé ou t'aide-t-elle dans cette action ? Dans ta fonction en général ?

MTD. : Elle m'a donné un autre angle de vue par rapport aux autres médecins, une rigueur de raisonnement, une force de travail et surtout un goût inépuisable du plaisir d'apprendre qui motive tous les projets passés et à venir.

Gardes-tu un souvenir anecdotique de l'école ?

MTD. : Je tiens ici à remercier Madame Rachel-Marie Pradeilles-Duval, directrice de la formation et de la recherche d'ENSTA Paris à mon époque, qui a su soutenir et encourager mon goût pour les matières de la santé. Elle m'a permis un cursus adapté avec l'X en

allant y suivre des cours de neurobiologie, développement, immunologie et cognition qui n'étaient pas disponibles à ENSTA Paris. Sa compréhension et son enthousiasme pour soutenir les élèves ont été décisifs pour mon parcours et j'espère transmettre cela à mes propres élèves. Elle a été un modèle... J'espère qu'elle tombera sur cet entretien !

As-tu des conseils à donner aux élèves actuels ?

MTD. : Gardez le plaisir d'apprendre comme objectif quotidien (sinon ne craignez pas de changer de voie, un ENSTA Paris retombe toujours sur ses pattes) et pensez bien aux conséquences et aux objectifs éthiques et sociétaux que vos choix de travaux / projets pourront servir.

Clotilde AURIOL (ENSTA Paris 2015)



En quoi consiste ton métier ?

CD. : Je travaille depuis un an chez **Air Liquide**, grand producteur de gaz français, dans la branche santé dont l'essentiel de l'activité consiste à installer des appareils d'oxygénothérapie pour des patients insuffisants respiratoires. Ma mission est de **concevoir et déployer des projets d'amélioration** afin de perfectionner à la fois nos outils informatiques (outils de gestion des patients, outils de mobilité pour les intervenants...), nos processus... pour assurer une bonne prise en charge des patients.

Quel a été ton cursus académique, et en particulier ta spécialisation à ENSTA Paris ?

CD. : J'ai suivi le cursus Mécanique des fluides et mécanique des solides en deuxième année à ENSTA Paris, puis la filière Ingénierie système et génie industriel en troisième année. J'ai été diplômée d'ENSTA Paris en 2015. Par la suite, j'ai choisi de compléter ma formation en suivant un master 2 d'un an à l'université Paris-Dauphine en Stratégie des entreprises (master 101). J'ai donc achevé mes études fin 2016.

Quelles ont été les grandes étapes de ton parcours depuis ta sortie d'ENSTA Paris ?

CD. : À la suite de mes études, à partir de janvier 2017, j'ai travaillé dans le conseil chez Argon & Co, un cabinet basé à Levallois-Perret qui accompagne ses clients dans leurs projets de transformation de leur *supply chain* sur l'ensemble des thématiques liées à l'excellence opérationnelle. En cinq ans et demi, j'ai donc mené plus d'une douzaine de missions dans les secteurs du luxe et de la santé principalement, sur des sujets de réorganisation, d'amélioration des processus, de stratégie d'achats, d'évolution de systèmes d'information... Et, à l'été dernier, j'ai eu l'opportunité de rentrer dans le groupe Air Liquide afin de mener des projets en interne.

De ton point de vue, quel rôle a ou doit avoir l'ingénieur ENSTA dans le domaine de la santé ?

CD. : Avec le vieillissement de la population, la multiplication des maladies chroniques et la surcharge toujours plus critique des hôpitaux, il est nécessaire de repenser nos modes de fonctionnement afin d'assurer un meilleur confort de vie aux patients, à commencer par leur permettre de rester chez eux avec le support adéquat. Par ailleurs, c'est aussi la préservation de notre système de sécurité sociale qui est en jeu aujourd'hui, et il nous faut mieux investir pour assurer les soins pour les patients de demain. En tant qu'ingénieurs ENSTA Paris, nous avons un rôle à jouer dans la construction, la promotion et la mise en œuvre de nouvelles modalités de prise en charge des patients : parce que nous avons été formés à développer notre curiosité et proposer des solutions innovantes s'appuyant sur les nouveaux moyens (technologiques, numériques, logistiques...) aujourd'hui disponibles sur le marché, parce que nous avons été entraînés à mener des projets de manière organisée et efficace, et aussi parce que notre position nous rend apte à prendre des responsabilités afin d'adapter et de rendre pérenne notre système de santé pour les générations futures.

Peux-tu nous donner l'exemple d'une action, d'un projet significatif que tu as mené en matière de santé ?

CD. : Je donnerai l'exemple sur lequel j'ai travaillé le plus longtemps au cours de ma (courte) carrière : dans le cadre de mon poste dans le conseil, j'étais intervenue durant 14 mois chez un grand laboratoire pharmaceutique français, sur une mission de sérialisation des médicaments (c'est-à-dire la création et le traçage d'un numéro d'identification unique pour chaque boîte de médicaments de *specialty care* – c'est-à-dire médicaments sur ordonnance pour des maladies graves) afin d'identifier les produits issus de la contrefaçon ou la revente de produits sur des marchés parallèles. L'objectif était donc de permettre aux patients de recevoir les soins dont ils ont besoin au bon moment avec des produits testés et certifiés par des organismes agréés... et ceci en respectant les règles (très différentes) mises en place dans les pays (Chine, États-Unis, Brésil...) sur les principes de fonctionnement en matière de format de numéro et de méthodes de reporting. Un vrai défi à beaucoup de niveaux !

En quoi ta formation à ENSTA Paris t'a-t-elle aidé ou t'aide-t-elle dans cette action ? Dans ta fonction en général ?

CD. : Ma formation à ENSTA Paris m'a permis de découvrir un large panel de sujets, bien au-delà de problématiques uniquement techniques : les formations en langue (l'anglais professionnel) et en gestion de projets ont été utiles dans ma vie d'après. Le fait de découvrir des entreprises et des métiers à travers des présentations données par des intervenants de ces entreprises à ENSTA Paris m'a permis aussi de bien

élargir mes horizons et ma compréhension des écosystèmes.

Par ailleurs, l'organisation du concours annuel de Nouvelles Avancées de l'école me paraît aussi une excellente idée dans le cadre d'un cursus d'ingénieur. J'ai pu y exercer ma capacité à imaginer des scénarios, à construire une trame et à rédiger : trois qualités très importantes d'un point de vue professionnel quand on veut construire et vendre une stratégie ! J'y participe encore aujourd'hui, mais dans la catégorie « grand public » désormais.

Gardes-tu un souvenir anecdotique de l'école ?

CD. : De l'école, je me souviens des cours de mécanique, de culture générale, de langues (anglais, allemand, russe) et des cours de tennis aussi ! Je me souviens des soirées d'Anim sur le plateau et des clips de Technimage (est-ce que ça s'appelle toujours bien comme ça ?), et également des soirées avec les associations (BdS, CC, club œnologie). Le plateau était encore un peu désert à l'époque (on venait tout juste d'arriver lors de ma première année en 2012) mais on avait de quoi se nourrir à proximité (enfin intellectuellement du moins !).

As-tu des conseils à donner aux élèves actuels ?

CD. : Principalement trois :

1. Profitez de toutes les opportunités données par l'école pour découvrir de nouvelles choses (et pas seulement en codage ou en robotique ^^) ;
2. Apprenez une troisième langue ;
3. Choisissez des stages pour apprendre des compétences concrètes et pour découvrir les vraies réalités de la production ou des métiers du service : en tant que stagiaire, vous pouvez avoir carte blanche pour visiter, observer, prendre le temps de poser des questions. En général, on n'a plus autant de liberté après !

Émeline SIMONETTI (ENSTA Paris 2015,5)



En quoi consiste ton métier ?

ES. : Je suis **chercheuse en biomécanique au CERAH**, Centre d'études et de recherche sur l'appareillage des personnes handicapées, dépendant de l'Institution nationale des Invalides. Mes travaux portent sur l'analyse du mouvement des personnes amputées et appareillées (avec une prothèse de membre inférieur) et des utilisateurs de fauteuil roulant manuel.

Un des objectifs principaux de mon laboratoire est de caractériser les dispositifs d'assistance (prothèse ou fauteuil) et la locomotion des patients (défaut de marche, asymétrie, cinématique de la propulsion). Pour cela, nous utilisons des données expérimentales, recueillies en

laboratoire d'analyse du mouvement avec un système optoélectronique (similaire à ce qui est utilisé pour les films d'animation ou les jeux vidéos) et des modèles musculo-squelettiques personnalisables qui nous permettent d'obtenir des indicateurs caractérisant la locomotion. Ceux-ci peuvent, selon les projets, être pertinents pour les équipes médicales et paramédicales en charge de la rééducation, pour les fabricants d'aide technique...

Dans le cadre de mes projets, j'ai des missions plutôt variées : élaboration des protocoles expérimentaux et soumission des dossiers aux comités éthiques pour la prise de mesure, collecte de données, programmation et traitement des données, interprétation des résultats et, dès que possible, valorisation des résultats en congrès ou via des publications scientifiques.

Quel a été ton cursus académique, et en particulier ta spécialisation à ENSTA Paris ?

ES. : J'ai intégré ENSTA Paris après un cursus en classe préparatoire MPSI / MP et je me suis d'abord orientée vers une deuxième année axée simulation / mécanique du solide. Déjà intéressée par le domaine de la santé, mon PRe traitait de la modélisation de la propagation des ultrasons dans le genou.

J'ai ensuite pu bénéficier du programme ERASMUS pour effectuer une année de césure à TU Delft au cours de laquelle j'ai pu choisir les cours qui m'intéressaient du master *Biomedical Engineering*. De retour à ENSTA Paris, j'ai personnalisé ma troisième année en effectuant un super projet (c'est-à-dire en remplaçant un module de cours par une contribution à un projet de recherche). J'ai collaboré avec une kinésithérapeute en thèse à l'Institut de biomécanique humaine Georges Charpak (IBHGC), dépendant des Arts et Métiers, pour analyser une orthèse de genou et son intérêt pour soulager l'arthrose.

Quelles ont été les grandes étapes de ton parcours depuis ta sortie d'ENSTA Paris ?

ES. : Après ces expériences dans le monde académique, j'ai rejoint EUROS, une société concevant et fabriquant des implants orthopédiques, en tant que chef de projets dans le département R&D pour mon stage de fin d'études. J'ai ensuite rejoint EFOR Healthcare, une entreprise d'ingénierie spécialisée dans les *medtech*. J'y ai exercé pendant un an en tant qu'ingénieure technico-réglementaire et ai pu accompagner différentes entreprises dans l'obtention du marquage CE d'un dispositif médical (prothèses de hanche, logiciel dentaire, respirateur artificiel...).

Enfin, j'ai rejoint le CERAH, dans un premier temps en tant que doctorante rattachée à l'IBHGC (Arts et Métiers) et désormais en tant que chercheuse depuis fin 2020.

De ton point de vue, quel rôle a ou doit avoir l'ingénieur ENSTA dans le domaine de la santé ?

ES. : Le domaine de la santé est vaste et l'ingénieur ENSTA Paris a toute sa place pour y contribuer de

différentes manières. Concernant le secteur des dispositifs médicaux, leur développement et leur pertinence reposent sur l'expertise d'ingénieurs qui savent prendre du recul pour, d'une part, traduire des exigences médicales et, d'autre part, se rappeler qu'au-delà des défis techniques, le dispositif doit pouvoir être utilisé (par des médecins ou patients) et doit être conforme aux normes et réglementations qui régissent le domaine. L'essor du numérique et de l'intelligence artificielle dans le secteur de la santé ouvre de nouveaux territoires à explorer et des cadres à construire : de nombreuses perspectives intéressantes pour de jeunes diplômés d'ENSTA Paris !

Peux-tu nous donner l'exemple d'une action, d'un projet significatif que tu as mené en matière de santé ?

ES. : Pendant mon doctorat, j'ai travaillé en collaboration avec les équipes cliniques de deux centres de rééducation sur un projet qui avait pour objectif de comparer deux types de rééducation (avec ou sans capteurs embarqués). Au cours de ce projet, il a fallu notamment homogénéiser la pratique clinique entre les deux centres de rééducation, définir un protocole de mesure compatible avec la routine clinique pour utiliser les capteurs embarqués pendant la rééducation de personnes amputées et former les différents praticiens à l'utilisation des capteurs embarqués. Au-delà de l'intérêt du projet de recherche, les synergies entre les centres et les échanges en équipe multidisciplinaire étaient très enrichissants.

En quoi ta formation à ENSTA Paris t'a-t-elle aidé ou t'aide-t-elle dans cette action ? Dans ta fonction en général ?

ES. : La formation à ENSTA Paris nous donne les clés pour appréhender rapidement et facilement de nombreux sujets techniques. La biomécanique est un domaine transverse à la croisée de la mécanique et des mathématiques appliquées (simulation, modélisation, optimisation...). Le socle de connaissances scientifiques apportées par la formation à ENSTA Paris m'a servi au cours de ma thèse et des différents projets que j'ai pu mener depuis.

Au-delà des cours, la riche vie associative à ENSTA Paris n'est pas à négliger et apporte beaucoup, tant sur la gestion de projets que sur le savoir-être (sans oublier des amitiés qui traversent les années).

As-tu des conseils à donner aux élèves actuels ?

ES. : Avant tout, de bien profiter de ce que ENSTA Paris a à offrir, tant sur le plan des cours (en particulier les cours non scientifiques !) que sur le plan de la vie associative ; s'investir dans celle-ci donne souvent les clés pour mener à bien des projets et travailler en équipe.

La qualité du socle de connaissances apportées par la prépa puis ENSTA Paris permet bien souvent de changer de domaine ou de se réorienter : inutile de se mettre une pression démesurée pour définir son cursus. Même si votre projet est encore vague, il faut profiter des possibilités de personnalisation (césure, super projet, double diplôme...) qui sont multiples.

Pierre ROSTAN (ENSTA Paris 2017,5)



En quoi consiste ton métier ?

PR. : Je coordonne les enjeux de transition énergétique et écologique pour les établissements de santé de la région Auvergne-Rhône-Alpes notamment en pilotant un réseau de conseillers en transition énergétique et écologique en santé qui sont chargés d'accompagner des établissements sanitaires

(hôpitaux et cliniques) et des établissements médico-sociaux (EHPAD, établissements d'accueil des personnes handicapées...) dans leur transition pour diminuer leur impact sur le climat (sensibilisation, diminution des consommations énergétiques, diminution du gaspillage alimentaire, économie circulaire, eau...). De mon côté, je pilote ce réseau depuis l'Agence régionale de santé Auvergne-Rhône-Alpes en permettant aux conseillers d'échanger sur leurs pratiques, de mettre en avant les retours d'expérience et de s'assurer de la bonne réalisation de leurs missions. En parallèle, je m'assure également que les projets d'investissement, notamment immobiliers, des établissements financés par l'ARS répondent aux obligations et tentent d'être les plus cohérents possibles en matière de diminution de leur impact environnemental.

Quel a été ton cursus académique, et en particulier ta spécialisation à ENSTA Paris ?

PR. : En deuxième année, j'avais suivi le cursus Systèmes Mécaniques et Environnement. Puis, en troisième année, j'ai suivi le parcours de spécialisation « production et gestion de l'énergie » à ENSTA Paris ainsi qu'un master d'économie de l'environnement de l'université Paris-Saclay à l'Agro ParisTech.

Quelles ont été les grandes étapes de ton parcours depuis ta sortie d'ENSTA Paris ?

PR. : À ma sortie d'ENSTA Paris, j'ai été recruté dans le cabinet de conseil Green Soluce (spécialisé dans la transition environnementale du secteur de l'immobilier et depuis racheté par le groupe immobilier CBRE) suite à mon stage de fin d'études. J'avais notamment pu réaliser des missions de conseil pour des acteurs publics, ce qui avait renforcé mon envie de mettre mon expertise au service d'autres acteurs publics, notamment pour le secteur de la santé, pour lequel la transition environnementale est un sujet nouveau mais souhaité par les soignants et ceux qui travaillent dans ces établissements.

De ton point de vue, quel rôle a ou doit avoir l'ingénieur ENSTA dans le domaine de la santé ?

PR. : Le secteur du soin nécessite des fonctions supports particulièrement formées et aptes à s'adapter aux mutations du secteur et aux nombreuses avancées sociétales et technologiques. Dans ce contexte, des ingénieurs sont attendus pour se mettre au service de ces établissements particulièrement complexes en matière de fonctionnement (logistique, systèmes techniques...). La formation ENSTA Paris peut être différenciante en alliant compétences scientifiques et techniques de pointe avec des compétences humaines et de gestion de projets pour comprendre les enjeux humains derrière.

Peux-tu nous donner l'exemple d'une action, d'un projet significatif que tu as mené en matière de santé ?

PR. : De plus en plus, tous les experts poussent à s'intéresser aux interactions entre santé et environnement. Les établissements sanitaires et médico-sociaux sont là pour soigner, mais il est important qu'ils ne soient pas non plus la cause des conséquences du changement climatique. Une étude du Shift Project montre que le secteur de la santé est responsable d'environ 10 % des émissions nationales de gaz à effet de serre. Mon action au quotidien, même si elle n'a pas d'effet direct sur la manière dont on soigne, vise à aider les établissements à réduire ces impacts pour en diminuer les conséquences (augmentation des vagues de chaleur, diminution de la qualité de l'air, pollution des eaux...). Les conseillers que je coordonne peuvent accompagner les établissements à investir pour un bâtiment plus performant, à paramétrer les systèmes techniques de chauffage ou encore à réfléchir à des nouveaux modèles d'alimentation en prenant en compte les caractéristiques spécifiques des publics accueillis.

En quoi ta formation à ENSTA Paris t'a-t-elle aidé ou t'aide-t-elle dans cette action ? Dans ta fonction en général ?

PR. : Les interactions entre ingénierie et santé sont nombreuses et ces compétences manquent dans le secteur, notamment dans les postes d'administration et de gestion. Si je prends l'exemple de mon poste, celui-ci était ouvert à des profils moins techniques et scientifiques. Toutefois, le fait de comprendre les enjeux d'ingénierie nécessaires à l'accompagnement de la transition écologique des établissements sanitaires est un vrai plus au quotidien (bilan de gaz à effet de serre, fonctionnement des systèmes techniques des établissements...). La formation généraliste que j'ai reçue à ENSTA Paris en matière de production et de gestion de l'énergie est donc un vrai plus dans la réalisation de certains postes de coordination et de direction dans les administrations.

Gardes-tu un souvenir anecdotique de l'école ?

PR. : C'est une période extrêmement riche et les souvenirs qui reviennent sont nombreux. Ce sont avant tout des amis qu'on garde de cette période. Notamment, je garde en mémoire la période de fin de première année, celle où les promotions du dessus sont parties en stage et où les premières années s'approprient encore plus le campus à la

belle saison, créent des liens forts et se préparent à accueillir eux-mêmes les futurs intégrés !

As-tu des conseils à donner aux élèves actuels ?

PR. : N'hésitez pas à vous intéresser au secteur public ! De plus en plus, les étudiants cherchent à donner du sens à leur métier et les métiers de la transition écologique attirent beaucoup pour cette raison. Seulement parfois, de nombreux acteurs économiques proposent des postes sur ces thématiques mais avec un impact réduit, un manque de sens. On peut aller encore plus loin dans un engagement et dans sa volonté d'agir en proposant son expertise et ses compétences aux nombreux acteurs du service public et notamment du secteur de la santé pour qu'il réduise aussi ces impacts tout en continuant ses missions.

5. Conclusion



Hugues DU JEU
(ENSTA Paris 1980),
Consultant 4e
Consulting et Trésorier
à la Fédération
Française Handisport

La lecture de tous ces témoignages est passionnante. Elle est incroyablement riche par la diversité des parcours, des postes occupés, des domaines d'intervention.

Mais est-ce bien surprenant quand on parle de santé ?

Quand on parle d'acteurs de santé, on pense d'abord aux médecins, spécialistes, infirmiers, garde-malades et à tout le corps médical. Ensuite aux personnels des hôpitaux, des centres de soins, des résidences d'hébergement de personnes malades ou âgées... et il vient rarement à l'esprit de penser à des ingénieurs.

Et pourtant, la santé est un monde incroyablement diversifié, à l'importance sociale et économique importante.

En effet, les dépenses courantes de santé représentent 307,8 milliards d'euros en 2021 en France, soit 12,3 % du PIB. La France est, après les États-Unis (17,8 %) et l'Allemagne (12,8 %), un des pays dont les dépenses de santé sont les plus élevées en pourcentage du PIB. La part du PIB de ces dépenses de santé est proche de celui de l'industrie (16,8 %).

Si on regarde les seuls médicaments, le marché mondial du médicament atteint 1 290 milliards de dollars en 2021 ; celui de la France ne représente que 63,1 milliards d'euros, mais est réalisé à 49 % à l'export.

Si ce domaine du médicament n'est plus à la même place au niveau mondial, il faut cependant noter l'incroyable développement des startups dans le domaine de la santé. Il est recensé plus de 2 600 startups françaises dans ce domaine (*HealthTechs*), startups qui sont souvent classées en trois groupes : biotechnologie (*BioTechs*), dispositifs médicaux (*MedTechs*) et santé numérique, ce qui souligne la diversité et le dynamisme de ce secteur.

Au-delà de l'importance économique, la santé est un domaine très hétérogène. Entre le médecin traitant, la startup qui travaille sur l'intelligence artificielle et les données, le grand groupe pharmaceutique, les laboratoires de recherche sur les maladies orphelines ou l'immunothérapie, un EHPAD... le métier, le domaine d'activité, les outils, sont très différents et cela correspond à des rôles, des pratiques et des centres d'intérêt multiples.

Enfin, on peut comprendre que d'un point de vue plus personnel, la santé soit un sujet qui puisse toucher par son effet sur notre vie quotidienne ou celle de nos proches.

Dans ces conditions, il n'est finalement pas surprenant que l'on retrouve de nombreux ingénieurs dans ce domaine, ou plutôt dans ces domaines d'activité.

Les parcours

Et cette grande diversité des métiers de la santé se retrouve dans les postes occupés par les ingénieurs ENSTA Paris et décrits dans ces témoignages.

Le cas le plus emblématique des passerelles qui existent aujourd'hui au niveau des formations est celui qui permet à un élève ingénieur de passer en troisième année de médecine, ce qui montre de manière explicite que la formation d'ingénieur permet de réussir dans un domaine qui paraît éloigné ; et ceci, au-delà des bases techniques scientifiques, par la rigueur de raisonnement, la force de travail et le plaisir d'apprendre.

Les compétences informatiques ouvrent bien sûr de larges possibilités d'emploi dans le domaine de la santé. Le traitement de l'information, l'analyse des données, l'intelligence artificielle et la cybersécurité sont des formations très utiles pour l'imagerie médicale, la recherche sur de nouveaux traitements, le suivi des parcours patients, la sécurisation des systèmes d'information de santé. Ce sont en plus des secteurs en plein développement qui continueront à offrir des débouchés aux élèves ingénieurs.

Mais les techniques plus classiques comme la chimie ou la production industrielle continuent à offrir des opportunités d'emploi intéressantes, surtout si on y intègre tout le volet

environnemental qui devient un enjeu majeur pour la planète et qui ouvre des champs d'analyse et de mise en œuvre en plein développement.

Enfin, d'autres secteurs comme la recherche ou le conseil au travers de la gestion des transformations restent des domaines d'activité porteurs.

Tous ces métiers, et on le voit bien au travers des parcours, peuvent être exercés dans de multiples environnements : structures publiques comme les ARS, hôpitaux, grands groupes industriels, startups, organismes de recherche... ce qui offre des contextes variés et ajoute à l'intérêt de s'engager dans le domaine de la santé.

La formation

Au travers de ces témoignages des ingénieurs ENSTA Paris, on retrouve plusieurs composantes importantes de la formation reçue à l'école.

Bien sûr viennent en premier les compétences scientifiques de base (dont les mathématiques et les probabilités), l'informatique (programmation, architecture, algorithmie) et les langues, mais aussi est souligné l'intérêt de la multidisciplinarité de l'enseignement dispensé, par exemple la finance et

l'économie, et aussi la mise en œuvre de la formation sur le développement durable et le changement climatique.

En plus de ce socle technique diversifié, la formation à la gestion de projets et à la gestion de systèmes complexes est reconnue comme très utile pour l'exercice de son métier.

Est également appréciée la mise en place par l'école d'un cursus très personnalisé pour chaque élève, qui permet d'appréhender de nombreux sujets et de réaliser des formations doubles en parallèle, ainsi que le rôle majeur des stages dans la connaissance du monde du travail et dans la détermination des domaines et des métiers qui peuvent intéresser l'élève ingénieur.

Enfin, au-delà de toute l'utilité de leur socle de formation, les ingénieurs ont souligné l'apport d'ENSTA Paris dans le développement de leur rigueur de raisonnement, et de leurs méthodes et de leur capacité de travail.

En un mot, la formation reçue à ENSTA Paris est unanimement saluée pour sa capacité à permettre un parcours professionnel intéressant et ouvert même si, bien sûr, comme le dit un des témoignages, il est fondamental de se faire confiance pour trouver son propre chemin et de se faire plaisir dans son travail.

Et le domaine de la santé est un domaine offrant aux ingénieurs de réelles opportunités d'accomplir un travail intéressant techniquement pour un ingénieur et avec des valeurs sociales et sociétales reconnues.

À propos d'ENSTA Alumni



L'Amicale du Génie Maritime et des Ingénieurs ENSTA – ENSTA Alumni – est l'association des anciens élèves diplômés d'ENSTA Paris et de ses écoles fondatrices, reconnue d'utilité publique.

Sa vocation, définie dans ses statuts, est de développer les liens entre les membres de la communauté ENSTA Paris. Elle apporte son soutien à ses membres durant toutes les étapes de leur carrière professionnelle. Elle valorise leur parcours. Et elle promeut les sciences et techniques enseignées à ENSTA Paris.

ENSTA Alumni propose des services à tous les élèves et diplômés d'ENSTA Paris et de ses écoles fondatrices, dont certains sont réservés à ses seuls adhérents.

Rejoindre ENSTA Alumni, c'est partager ces valeurs et témoigner de son attachement à la communauté.

Plus d'informations : www.ensta.org

Contact : secretariat@ensta.org

ENSTA Alumni remercie tous les diplômés qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce dossier.

Ce dossier est la propriété d'ENSTA Alumni. Il ne peut être communiqué à des tiers et/ou reproduit sans autorisation préalable écrite.