

ISUPFERE : une formation Ingénieur en énergétique des Mines de Paris en prise directe avec les enjeux de la rénovation des bâtiments

Par Pascal STABAT

Responsable du cycle Ingénieur ISUPFERE

Dans cet article, nous montrons l'originalité et les atouts des formations Ingénieur en apprentissage, à l'exemple du diplôme d'ingénieur en énergétique en apprentissage de l'École des mines de Paris qui est présenté ici. L'alternance entre l'école et l'entreprise est le meilleur moyen de concilier théorie et pratique. Quatre témoignages d'apprentis montrent qu'ils sont déjà des acteurs de la transition énergétique, bien qu'ils soient toujours en formation.

Les formations Ingénieur en apprentissage sont appréciées par les entreprises et les jeunes. Cependant, après un fort développement entre 2006 et 2014, avec une progression de 135,4 %, le nombre de ces apprentis tend à stagner. Il n'en demeure pas moins qu'aujourd'hui, 14 % des ingénieurs formés en France passent par la voie de l'apprentissage, ce qui permet de diversifier les profils des ingénieurs. Des profils qui répondent aux besoins des entreprises de recruter des ingénieurs spécialisés justifiant d'une bonne maîtrise technique. Enfin, l'apprentissage Ingénieur est un moyen d'ouverture sociale en permettant à des jeunes d'accéder aux études supérieures.

Introduction

L'École des mines de Paris a ouvert en 2009 avec ses partenaires académiques, le CNAM et l'Université de Paris, une formation d'ingénieur en apprentissage à la demande des branches professionnelles pour répondre à leur besoin de s'attacher les services de cadres capables de mettre en œuvre la transition énergétique. Après treize ans d'existence, cette formation est un succès, un moteur de la mixité sociale ; elle contribue en outre à former les ingénieurs plus « techniques » dont les entreprises ont aussi besoin.

Cette formation s'inscrit dans le cadre d'un fort développement de l'apprentissage Ingénieur en France à partir de 2005. Les premières formations d'ingénieurs en apprentissage ont été habilitées par la Commission des titres d'ingénieur (CTI) au début des années 1990. Aujourd'hui, les élèves ingénieurs sous statut d'apprenti représentent environ 14 % du total des inscrits dans les formations d'ingénieurs françaises (CDEFI, 2021).

Dans cet article, nous présentons les spécificités de cette formation, les atouts de l'apprentissage Ingénieur et quelques témoignages d'apprentis déjà acteurs de la transition énergétique.

La formation Ingénieur en énergétique proposée par Mines Paris

Création d'un cycle d'apprentissage

En 1992, l'École des mines de Paris a créé un diplôme d'ingénieur en énergétique. Cette formation continue répondait au besoin des entreprises de s'attacher les services d'ingénieurs ayant des compétences techniques en ligne avec le rapport DECOMPS, qui préconisait en 1989 de former des techniciens pour en faire des ingénieurs de terrain, plus spécialisés que les ingénieurs « classiques ». Une structure de partenariat a ainsi été créée, l'Institut supérieur Fluides-Énergies-Réseaux environnement (ISUPFERE). La mise en place de ce type de structure est encouragée par la CTI afin de coordonner et d'actualiser en continu le cursus de la formation avec les branches professionnelles. La structure ISUPFERE regroupe des établissements partenaires et les branches professionnelles couvrant toute la chaîne énergétique :

- le Groupe des industries métallurgiques (GIM) ;
- la Fédération des services Énergie Environnement (FEDENE) ;
- l'Union des métiers du génie climatique, de la couverture et de la plomberie (FFB-UMGCCP) ;

- le Syndicat des entreprises de la transition énergétique et numérique (SERCE) ;
- la Fédération des professionnels de l'ingénierie (SYNTEC Ingénierie) ;
- et un représentant des industries électriques et gazières, EDF.

Cette formation continue a connu un grand succès : de nombreux stagiaires issus de cette formation continue sont ainsi devenus directeurs techniques dans leur entreprise d'accueil. En 2007, les branches professionnelles ont fait appel à ISUPFERE afin de former des ingénieurs par la voie de l'apprentissage et ainsi répondre à l'évolution de leurs métiers, notamment en ce qui concerne l'intégration des énergies renouvelables et l'efficacité énergétique.

L'objectif visé à travers l'ISUPFERE est de former des ingénieurs capables de concevoir, d'installer, d'exploiter et d'optimiser des installations énergétiques, notamment celles utilisant les énergies renouvelables, et de mobiliser les meilleures techniques disponibles, dans les secteurs du bâtiment et de l'industrie.

La formation correspondant au cycle Ingénieur en énergétique en alternance est construite sur une interaction permanente avec les activités en entreprise. Elle s'appuie sur trois principes :

- **devenir ingénieur sans quitter le monde de l'entreprise**, en valorisant les enseignements pour développer des projets innovants ;
- **enrichir la technique et la culture de l'entreprise** par l'intermédiaire de ces ingénieurs préparés aux nouveaux enjeux de l'énergie ;
- **exploiter au mieux l'alternance entreprise/école** pour provoquer des changements dans les attitudes et les pratiques professionnelles.

Un cursus en alternance alliant théorie et pratique

Le cycle Ingénieur en apprentissage vise une montée progressive en compétences et en autonomie du futur ingénieur. L'école s'attache à apporter à l'apprenant les connaissances scientifiques et techniques, les outils et méthodes qu'un ingénieur doit maîtriser. Elle doit aussi développer les aptitudes de l'ingénieur à communiquer, à s'adapter, à manager ou encore à innover. L'alternance est un moyen unique de mettre directement en œuvre les apprentissages acquis à l'école dans la réalisation de missions concrètes en entreprise. Un double tutorat école-entreprise permet d'accompagner l'apprenti dans la réussite de sa formation. La brève description de ce cursus d'ingénieur, qui correspond à un cycle de trois ans, illustre ce qu'est le parcours de l'apprenti ingénieur, un parcours qui s'appuie sur la réalisation de projets puisés dans l'activité professionnelle et une prise progressive de responsabilités.

En première année du cycle

En entreprise, nos apprentis découvrent les différentes facettes de leur futur métier d'ingénieur au travers de missions ciblées. Une alternance courte de trois semaines en entreprise suivie de deux semaines à l'école est appliquée. À l'école, les enseignements visent à apporter aux apprenants un socle de connaissances scientifiques pour pouvoir traiter des

problèmes techniques variés et leur permettre de développer leur capacité d'analyse et de synthèse. En entreprise, les objectifs de cette première année sont pour l'apprenant de réussir une bonne intégration en ayant identifié les ressources internes et externes nécessaires à la réalisation des missions qui lui sont confiées ; cela recouvre une connaissance des réglementations et normes propres au métier et une bonne appropriation des méthodes et outils professionnels. Les apprentis sont aussi initiés aux questions de sécurité, d'hygiène et de santé au travail au travers d'enseignements et par la pratique en entreprise.

En deuxième année du cycle

Les enseignements théoriques visent à renforcer leurs compétences scientifiques et techniques en énergétique, à développer leurs connaissances en régulation des installations et à leur apporter les méthodes de gestion que l'ingénieur doit maîtriser ainsi que les outils de management de projets, d'analyse de risques et d'ingénierie de systèmes. Dans l'entreprise, les apprentis se voient confier la réalisation d'un projet principal pour lequel ils doivent rédiger un rapport « Méthodes » portant sur l'amélioration des méthodes de gestion de projets en s'appuyant sur les outils vus à l'école. Les projets sont très variés : on peut citer, par exemple, le développement d'outils de suivi énergétique d'installations, l'amélioration des pratiques du BIM (Building Information Modeling), la mise en œuvre d'outils de suivi de chantiers, la sélection de solutions énergétiques par l'analyse technico-économique, l'analyse de risques portant sur des solutions innovantes...

En troisième année du cycle

Les enseignements dispensés à l'école visent, d'une part, à développer l'expertise en énergétique des apprentis, notamment *via* un projet d'optimisation d'un système ou d'une installation énergétique en lien avec les besoins de l'entreprise où ils exercent. On peut citer à titre d'exemples la comparaison des avantages et inconvénients d'une thermo-frigo-pompe par rapport à une solution classique, la mise en place d'une centrale solaire thermique associée à un réseau de chaleur, le pilotage optimisé d'une cascade frigorifique ou l'optimisation thermique d'un panneau solaire hybride modulaire. L'expertise apportée aux élèves s'appuie sur des travaux de recherche menés, en lien avec le monde de l'industrie, dans les laboratoires de recherche des Mines et du CNAM, comme les méthodes développées au centre Efficacité énergétique des systèmes et visant à l'intégration des pompes à chaleur dans les procédés industriels.

D'autre part, cette dernière année de formation a pour objectif d'aider l'apprenti à prendre de la hauteur par rapport à ses missions au travers d'enseignements sur le management humain, la réglementation, l'économie de l'énergie et les problématiques environnementales et sociales. En fin d'année, un projet « ingénieur », confié par l'entreprise, porte sur des sujets variés intégrant des aspects techniques et de gestion de projet, comme la conduite de travaux sur les lots énergétiques d'un immeuble de bureaux, l'étude de conception ou de rénovation d'installations énergétiques ou l'optimisation du pilotage d'installations de production électrique ou thermique.

Entre la deuxième et la troisième année du cycle

Une mission à l'international doit être effectuée par l'apprenti afin de développer ses aptitudes à évoluer dans un contexte linguistique et culturel différent. Cette mission est une opportunité pour les entreprises de renforcer leurs liens avec des fournisseurs ou des clients étrangers, de déployer de nouvelles méthodes dans leurs filiales ou de créer de nouveaux partenariats, en particulier dans la recherche. Si cette opportunité ne peut être saisie par toutes les entreprises, elles retrouvent néanmoins des apprentis qui, après leur séjour de quelques mois à l'étranger, ont gagné en maturité et en ouverture d'esprit.

Ce cursus en alternance permet à des élèves issus principalement de filières techniques d'évoluer pour devenir de véritables ingénieurs non seulement en renforçant leurs compétences scientifiques et techniques, mais aussi en développant leur capacité à résoudre des problèmes, à mettre en œuvre des solutions innovantes, à communiquer et à s'adapter dans un environnement international.

La formation en quelques chiffres

Le nombre des apprentis entrant dans la formation est de dix-huit chaque année. Ils sont issus d'un parcours DUT à 63 %. Ce vivier de recrutement est complété par des étudiants issus des classes préparatoires aux grandes écoles (CPGE) ou titulaires d'une licence ou d'un BTS. Ils effectuent leur apprentissage dans diverses entreprises (voir la Figure 1 ci-après), démontrant ainsi le besoin d'ingénieurs en énergétique non seulement dans la production et la distribution d'énergie, mais aussi dans le bâtiment et l'industrie. En effet, une majorité des apprentis intègrent des entreprises du génie climatique et des services énergétiques, répondant ainsi aux besoins de celles-ci en ingénieurs pour construire, auditer, rénover et suivre les performances énergétiques des bâtiments.

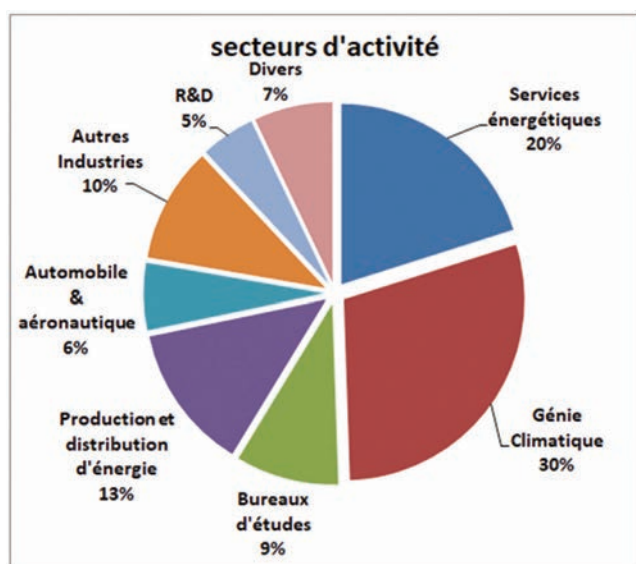


Figure 1 : Secteurs d'activité dans lesquels sont recrutés les apprentis ISUPFERE.

Depuis son ouverture en 2009, la formation compte 120 diplômés : 45 % d'entre eux sont restés dans l'entreprise dans laquelle ils ont effectué leur apprentissage. Trois mois après leur remise de diplôme, 86 % sont en emploi et 10 % poursuivent des études. Ils intègrent des grandes entreprises (50 %), des établissements de taille intermédiaire (22 %) ou des PME (24 %), et une petite minorité rejoint la fonction publique.

L'apprentissage en école d'ingénieur, une voie pleine d'atouts

D'une part, les formations Ingénieur par la voie de l'apprentissage sont plébiscitées par les entreprises. Elles répondent à leur besoin d'ingénieurs spécialisés ayant une bonne maîtrise technique. L'apprentissage est souvent un pré-recrutement pour l'entreprise. De plus, l'apprentissage est synonyme d'une véritable immersion dans l'entreprise permettant à celle-ci de recruter des jeunes immédiatement opérationnels à l'issue de leur formation.

D'autre part, l'attrait de ces formations auprès des jeunes est croissant du fait des nombreux atouts de celles-ci. Tout d'abord, l'apprentissage procure une autonomie financière à l'étudiant et facilite par là même l'accès aux études supérieures. Ensuite, l'apprentissage est un véritable tremplin vers l'emploi, le taux d'insertion sur le marché de travail d'un apprenti ingénieur est parmi les plus élevés (le taux de chômage n'est que de 3 %) (CDEI, 2016). En effet, l'apprentissage permet aux jeunes d'acquérir une expérience professionnelle reconnue. Par ailleurs, les jeunes aspirent de plus en plus à suivre des formations plus concrètes, en prise directe avec les enjeux des entreprises. L'apprentissage répond à leurs attentes grâce à leur immersion dans l'entreprise, ce qui leur permet de mettre directement en pratique les enseignements théoriques dispensés en école et de développer leurs *soft skills*. Le rythme de l'alternance leur demande aussi de développer leur sens de l'organisation en devant répondre à la fois aux objectifs fixés au sein de l'entreprise et à l'école. La conciliation entre théorie et pratique contribue à entretenir la motivation des jeunes qui sont de véritables acteurs de leur propre formation.

En outre, l'apprentissage est un véritable moteur d'ouverture sociale pour les écoles d'ingénieur. Elle permet aux écoles de renforcer leurs liens avec les entreprises et de mieux connaître leurs besoins. Les écoles doivent aussi se renouveler en faisant preuve d'une innovation pédagogique pour répondre aux exigences de l'alternance.

L'apprentissage est un atout pour les entreprises, les jeunes et les écoles, mais aussi pour la société. Un rapport publié par le cabinet Asterès, en 2021, a montré que l'investissement dans l'apprentissage au niveau enseignement supérieur était « une stratégie gagnante pour les finances publiques comme pour la société ».

Témoignages d'apprentis



Natacha CHALINE,
apprentie de 3^e année
au sein du groupe ADP

Après un baccalauréat scientifique – option « Sciences de l'ingénieur », je me suis dirigée vers un DUT « Mesures physiques ». Cette formation scientifique solide de deux ans m'a attirée, car elle

peut être réalisée en apprentissage et permet d'accéder par la suite à des études d'ingénieur.

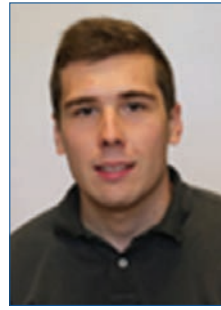
Portant un grand intérêt aux problématiques environnementales, j'ai ensuite souhaité participer activement à la transition énergétique en tant qu'ingénieure. La formation ISUPFERE de l'École des mines de Paris a retenu mon intérêt du fait de ses nombreux atouts : une école d'excellence, un cursus en apprentissage et une thématique d'avenir. J'ai donc passé le concours et j'ai été retenue pour intégrer la formation.

J'ai choisi le groupe ADP (Aéroports de Paris) pour y réaliser la partie professionnelle de cette formation. C'est une entreprise fortement engagée dans la transition environnementale du secteur aérien, j'avais donc la certitude que mes missions auraient du sens.

Mon premier projet en tant qu'apprentie a été la recherche d'une solution permettant d'apporter un confort climatique au niveau des passerelles d'avions, tout en faisant des économies d'énergie par rapport aux équipements existants. Pour mener à bien cette étude, l'entreprise m'a autorisée à « privatiser » une passerelle sur laquelle j'ai pu expérimenter de nombreuses solutions : l'isolation des parois, l'optimisation du réglage des équipements de chauffage ou encore la pose d'une peinture blanche sur le toit de la passerelle pour éviter le phénomène de chauffe excessive en été lié à des toits de couleur sombre.

Ce projet nommé « Green Passerelle » a été mené dans le but de sensibiliser les passagers aux actions entreprises par le groupe ADP en faveur de l'environnement.

Déployés sur toutes les passerelles du terminal, ces travaux de rénovation vont permettre une économie de 660 MWh par an (soit près de 30 k€), pour un temps de retour sur investissement inférieur à un an.



Martin RAVON,
apprenti de 3^e année,
site Andros de Novandie

Après l'obtention du baccalauréat scientifique (option SVT), je me suis orienté vers une classe préparatoire aux grandes écoles (CPGE), d'abord PCSI (physique, chimie et sciences de l'ingénieur), puis PC (physique,

chimie). J'ai réfléchi à mon projet professionnel et je me suis dirigé sans hésitation vers la formation ISUPFERE. En effet, le domaine des énergies me passionne et je souhaite agir pour enrayer le réchauffement climatique. La formation ISUPFERE nous permet de développer une expertise dans ce domaine, ce qui nous offre la possibilité d'être des acteurs reconnus et d'avoir un impact sur des sujets à forts enjeux et qui demandent des évolutions fortes dans les pratiques.

J'effectue ma formation ISUPFERE en alternance au sein de l'entreprise Andros. Je suis basé sur le site de production de Novandie à Auneau (28), où sont produits une partie des yaourts et desserts des marques Bonne Maman, Mamie Nova ou encore Andros. Mes activités me permettent de concilier des expériences à la fois de « terrain », via des actions de maintenance et de suivi de travaux neufs, et en « bureau d'études », via des analyses des consommations, l'élaboration de bilans carbone et la participation à des projets d'optimisation. Le service où j'exerce est garant du bon fonctionnement des installations énergétiques : chaudières vapeur, compresseurs d'air, production de froid, forage et traitement de l'eau (y compris les stations d'épuration). Nous devons par ailleurs analyser et proposer des solutions pour minimiser les consommations sur le site (actions sur le *process*, les réseaux, les lignes de production...). À ce titre, je travaille actuellement sur un projet de récupération de biogaz. Nous utilisons un méthaniseur pour traiter nos effluents, le gaz ainsi produit est utilisé pour assurer le maintien en température du méthaniseur, l'excédent était jusqu'alors brûlé en torchère. Nous avons mis en place un système permettant de valoriser la totalité de ce gaz grâce à un procédé de traitement (déshumidification, filtration de l'H₂S...), mais aussi en modifiant le brûleur de la chaudière principale. Par la suite, nous envisageons de mettre en place un système de pompe à chaleur pour maintenir le méthaniseur en température et ainsi récupérer la totalité du biogaz produit dans la chaudière principale. La pompe à chaleur permet de refroidir les eaux de la station d'épuration avant le rejet de celles-ci en rivière. Ce projet, qui est encore en cours de réalisation, devrait être bientôt opérationnel sur notre site. Il permettra, à terme, d'économiser près de 750 tonnes de carbone et entre 100 000 et 200 000 € chaque année.



Billy RAKOTOMALALA, apprenti de 2^e année en fonction au CSTB

En deuxième année de licence de physique, j'ai eu un « réveil écologique » qui m'a poussé à m'intéresser à l'énergie et à m'engager dans une formation appliquée à cette problématique. J'ai ainsi entamé une

première année d'alternance au sein du Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB), un établissement public, dont le *leitmotiv* est d'accompagner le futur de la construction. Cette année m'a surtout appris que la sobriété est inévitable ; il est en effet impératif de maîtriser notre consommation énergétique. À la suite de ce constat, j'ai découvert le contenu de formation proposé par ISUPFERE, lequel répondait parfaitement à mes aspirations.

En outre, le bâtiment est un levier important de sobriété, c'est pourquoi j'ai poursuivi mon alternance au CSTB en tant qu'apprenti ingénieur Recherche & expertise au sein de la direction de l'enveloppe du bâtiment. Je fais partie d'une petite équipe d'experts en transferts thermiques/hygrothermiques à travers l'enveloppe, qui accompagne, au moyen de simulations numériques ou d'essais, les acteurs de la construction dans la caractérisation de leurs procédés d'isolation innovants et de la prévention des risques associés.

Dans le cadre de mes missions, j'ai eu l'opportunité de travailler sur le projet PROFEEL RENOSTANDARD (2022). Ce projet vise à faire émerger des solutions de rénovation globale adaptées à chaque modèle de maisons individuelles et ainsi accompagner la massification de la réhabilitation du parc existant. L'équipe dont je fais partie a collaboré avec des groupements

professionnels (industriels, architectes...), mettant à profit son expertise pour faciliter la conception de ces solutions de réhabilitation et en évaluer la faisabilité technique. Une dizaine de modèles-types de maisons individuelles ont été étudiés en France dans le cadre de ce projet.

Par exemple, j'ai eu l'occasion de travailler sur une maison ayant pour particularité d'avoir un mur adossé à un talus, autrement dit un pan de mur enterré. Cette situation pose question sur le choix et la mise en œuvre de la solution d'une isolation par l'extérieur (voir la Figure 2 ci-après). J'ai mené une analyse de l'impact de la profondeur de l'isolant sur les performances énergétiques, incluant le calcul des ponts thermiques de liaison ainsi qu'une évaluation du confort pour les occupants de la pièce dont le mur est enterré (effet de paroi froide lorsque l'écart de température entre le mur et l'ambiance intérieure est supérieure à 3°C).

L'étude a montré qu'une profondeur d'isolation de 50 cm dans le sol était un bon compromis entre la facilité de mise en œuvre de cette solution, sa performance énergétique (voir le Tableau 1 ci-dessous) et le confort thermique obtenu.

Profondeur de l'installation de l'isolant	0 cm	30 cm	50 cm	100 cm
Ψ [W/(m.K)]	1,02	0,74	0,77	0,79

Tableau 1 : Évaluation du point thermique de liaison en fonction de la profondeur d'installation de l'isolant.

De plus, une proposition de modification de la structure portante de l'isolation par l'extérieur consistant en l'utilisation d'un étrier en U a permis de diviser la valeur finale du pont thermique par quatre.

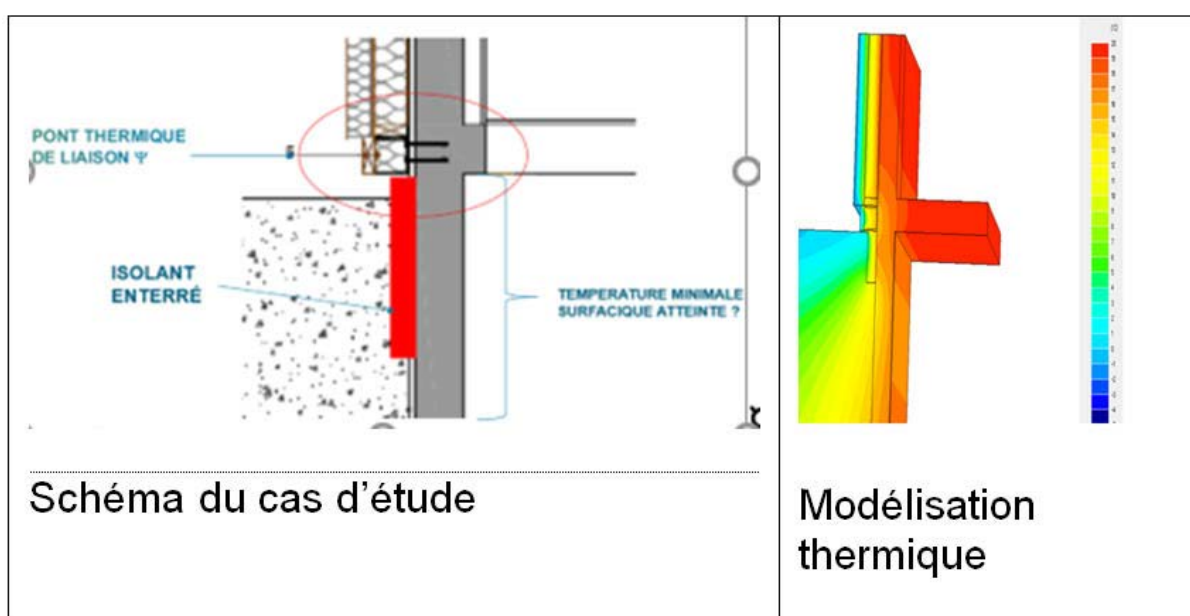


Figure 2 : Étude de l'impact d'une solution prévoyant un isolant plongeant dans le sol – Source : CSTB.



**Victor PRIOLET,
apprenti de 3^e année
en fonction à Balas**

À la suite de l'obtention de mon baccalauréat scientifique – option « Sciences de l'ingénieur », j'ai eu pour ambition d'intégrer une école d'ingénieur. Pour cela, j'ai intégré le DUT Mesures physiques de

Clermont-Ferrand, qui m'a permis ainsi de postuler aux écoles d'ingénieurs, tout en effectuant une formation de qualité mêlant théorie, pratique et expériences à l'étranger.

Souhaitant poursuivre dans une formation Ingénieur d'excellence qui allie théorie et pratique tout en ayant un impact sur les questions environnementales de demain, j'ai tout naturellement candidaté à la formation en apprentissage ISUPFERE de l'École des mines de Paris.

Dans le but d'acquérir une expérience professionnelle valorisante dans le monde du bâtiment et de l'efficacité énergétique, j'effectue depuis bientôt trois ans mon apprentissage au sein de l'entreprise Balas, qui est un acteur majeur du BTP en Île-de-France. Mes fonctions au sein de cette entreprise sont celles de chef de projet dans le domaine du CVCD (chauffage, ventilation, climatisation et désenfumage).

En tant que chef de projet, les enjeux énergétiques sont au centre de mes préoccupations lors des études que je mène et des chantiers que je réalise. En effet, il est important de garantir une haute performance énergétique et un faible impact environnemental après

qu'un bâtiment a été construit ou rénové. Pour cela, de nombreuses actions sont effectuées par le chef de projet afin de respecter les différents labels et certifications environnementales mis en place. Ces actions portent sur le choix des équipements de production, de l'emplacement des terminaux, des régimes de température, sur la valorisation des déchets...

Une autre mission qui m'est confiée est le dimensionnement et l'installation de panoplies hydrauliques préfabriquées par Balas, qui sont installées dans les CTA (centrales de traitement d'air) et à chaque étage du bâtiment. Ces panoplies (voir la Figure 3 ci-dessous) permettent de réguler le débit et la pression de l'eau, de garantir un contrôle du delta de température et de compter l'énergie consommée tout en pilotant cette consommation afin de l'adapter au mieux à la demande. Cette solution technique permet ainsi d'assurer un suivi des performances énergétiques du bâtiment, ce qui permet d'optimiser les consommations et d'améliorer ainsi l'efficacité énergétique et de réduire les coûts liés à la maintenance et à l'exploitation.

Conclusion

Pour faire face aux révolutions techniques et technologiques majeures, à l'image de la transition énergétique et numérique, auxquelles elles sont confrontées, les entreprises doivent pouvoir compter sur des ingénieurs justifiant de compétences pointues leur permettant de fournir des solutions efficaces en matière de performance énergétique. L'École des mines a répondu aux demandes émanant des entreprises en créant la formation d'ingénieur en énergétique en apprentissage.

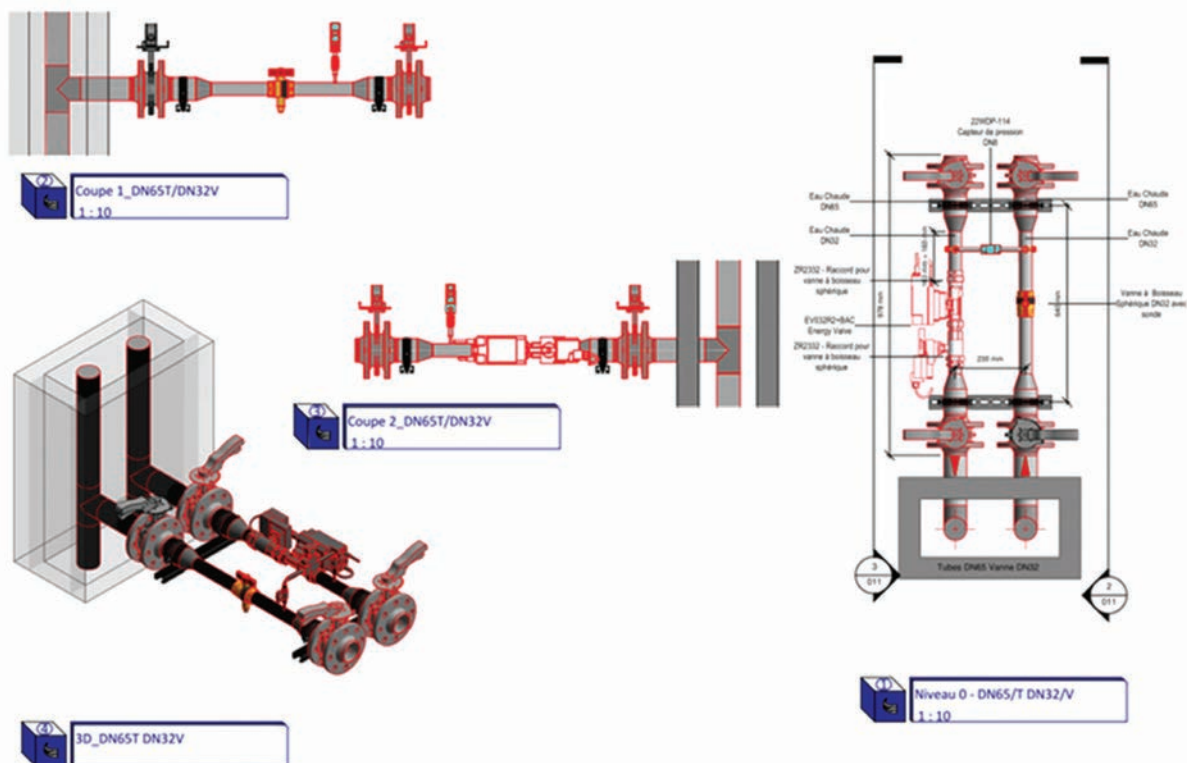


Figure 3 : Exemple d'un schéma d'une panoplie de régulation et de comptage de l'énergie – Source : BALAS.

Pourquoi le choix de l'apprentissage ? Ce choix est cohérent avec la devise de l'École des mines qui est « Théorie et pratique » : l'alternance met les apprentis en situation professionnelle et, à cette occasion, leur permet de mettre en œuvre les enseignements de haut niveau reçus à l'école et d'acquérir plus facilement les compétences scientifiques et techniques que doivent maîtriser tous les élèves ingénieurs. De plus, elle leur permet de développer leurs capacités d'autonomie, d'esprit d'équipe et d'innovation. En outre, cette voie de formation est un véritable moteur de mixité sociale. Parmi les grandes écoles d'ingénieur, l'École des mines a été l'une des premières à s'être lancée dans cette aventure.

L'apprentissage Ingénieur est aujourd'hui une filière à part entière qui présente de nombreux atouts pour les entreprises et les jeunes. Les formations Ingénieur ne représentent cependant que 4,3 % des effectifs des filières Apprentissage toutes confondues, allant du CAP à Bac + 5 (DEPP, 2020). La filière Ingénieur doit aussi progresser sur le plan de la féminisation. En effet, les femmes ne représentent que 19,4 % des effectifs suivant une formation Ingénieur par la voie de l'apprentissage (DEPP, 2020), contre 28 % pour l'ensemble des formations d'ingénieurs (IESF, 2020). Parmi toutes les filières d'apprentissage, seule celle permettant l'obtention d'un diplôme d'ingénieur a vu ses effectifs entrants stagner (- 0,1 %), entre 2019 et 2020 (DEPP, 2020). De plus, la filière considérée est menacée par la réforme des DUT, qui est la voie privilégiée de recrutement des formations Ingénieur en alternance. En effet, les entreprises apprécient particulièrement

les candidats à l'apprentissage Ingénieur issus d'un DUT. En outre, pour former les ingénieurs de demain, il est indispensable de financer à un niveau satisfaisant les formations Ingénieur en apprentissage. Rappelons que le coût de formation d'un ingénieur dépasse, dans la plupart des pays occidentaux, les 20 k€/an.

Pour conclure, nous citerons un très bref passage du rapport Asterès : « L'apprentissage dans le supérieur devrait être considéré comme un investissement créateur de valeur aussi bien pour la société que pour les finances publiques. »

Références bibliographiques

- ASTERÈS (2021), « L'apprentissage dans l'enseignement supérieur : un investissement créateur de valeur », *Étude économique*, septembre.
- CDEFI (2016), « Chiffre du mois – Les élèves ingénieurs en apprentissage », Conférence des directeurs des écoles françaises d'ingénieurs, septembre.
- CDEFI (2021), « Panorama des écoles françaises d'ingénieurs », Conférence des directeurs des écoles françaises d'ingénieurs.
- DECOMPS B. (1989), *L'évolution des formations d'ingénieurs et de techniciens supérieurs*, ouvrage, Paris, éd. HCEE.
- DEPP (direction de l'évaluation, de la prospective et de la performance) (2021), « L'apprentissage au 31 décembre 2020 », note d'information n°21, 30 juillet.
- IESF (2021), « Synthèse des résultats de l'édition 2020 de la 31^e enquête nationale IESF », *Ingénieurs et scientifiques de France*.
- RENOSTANDARD (2022), « Déployer des solutions de rénovation globale pour des gammes de maisons individuelles standardisées », projet du programme PROFEEL, <https://programmeprofeel.fr/projets/reno-standard/>