PUBLISHED BY
bookboon

Introduction à l'ingénierie

Franklin Kamnang Ngansop

Atos

FRANKLIN KAMNANG NGANSOP

INTRODUCTION À L'INGÉNIERIE

Introduction à l'ingénierie
1e édition
© 2019 Franklin Kamnang Ngansop & bookboon.com
ISBN 978-87-403-2683-3
Evaluation par James William Chuitcheu ; Assistant de recherche au laboratoire le GRANIT à l'École de technologie supérieure

CONTENU

	Préface	**6**
1	**Introduction à l'ingénierie**	**7**
1.1	Qu'est-ce que l'ingénierie ?	7
1.2	Qu'est-ce qu'un ingénieur et quelles sont les principales missions d'un ingénieur ?	10
1.3	La genèse du métier d'ingénieur	16
1.4	Les principaux défis auxquels les ingénieurs doivent faire face	26
1.5	Pourquoi devenir ingénieur ?	31
2	**Les principales branches de l'ingénierie et débouchés**	**35**
3	**Pratique de l'ingénierie et compétences recherchées chez les ingénieurs**	**42**
3.1	Les qualités d'un bon raisonnement (en tant qu'ingénieur)	42
3.2	Particularité de l'ingénierie	46
3.3	Compétences et aptitudes nécessaires	48

4 Où se former ? 51
4.1 Formations 51
4.2 Deux importantes organisations d'accréditation dans le monde : l'ENAEE et la CTI 54

5 Conclusions et recommandations 57

6 Références 60

PRÉFACE

Avec tant de problèmes complexes, et beaucoup de difficultés dans tous les secteurs d'activité, et ce à tous les niveaux, le besoin en ingénieurs aptes ne fait que croître de façon exponentielle. De nos jours, bons nombres de jeunes aspirent de plus en plus à la formation d'ingénieur à la vue du prestige et de nombreux bénéfices que ce corps de métier procure. De ce fait des formations d'ingénieurs se multiplient en cascade.

Mais le grand public, la plupart des institutions formatrices et des ingénieurs (même ceux en exercice), ignorent parfois les réalités et les exigences fondamentales d'un tel corps professionnel. Le but de cet ouvrage est de mieux présenter les réalités de la fonction d'ingénieur, avec ses exigences fondamentales afin d'agir comme support d'orientation pour les jeunes étudiants, et de guide pour ceux actuellement en exercice.

INTRODUCTION À L'INGÉNIERIE

1 INTRODUCTION À L'INGÉNIERIE

1.1 QU'EST-CE QUE L'INGÉNIERIE ?

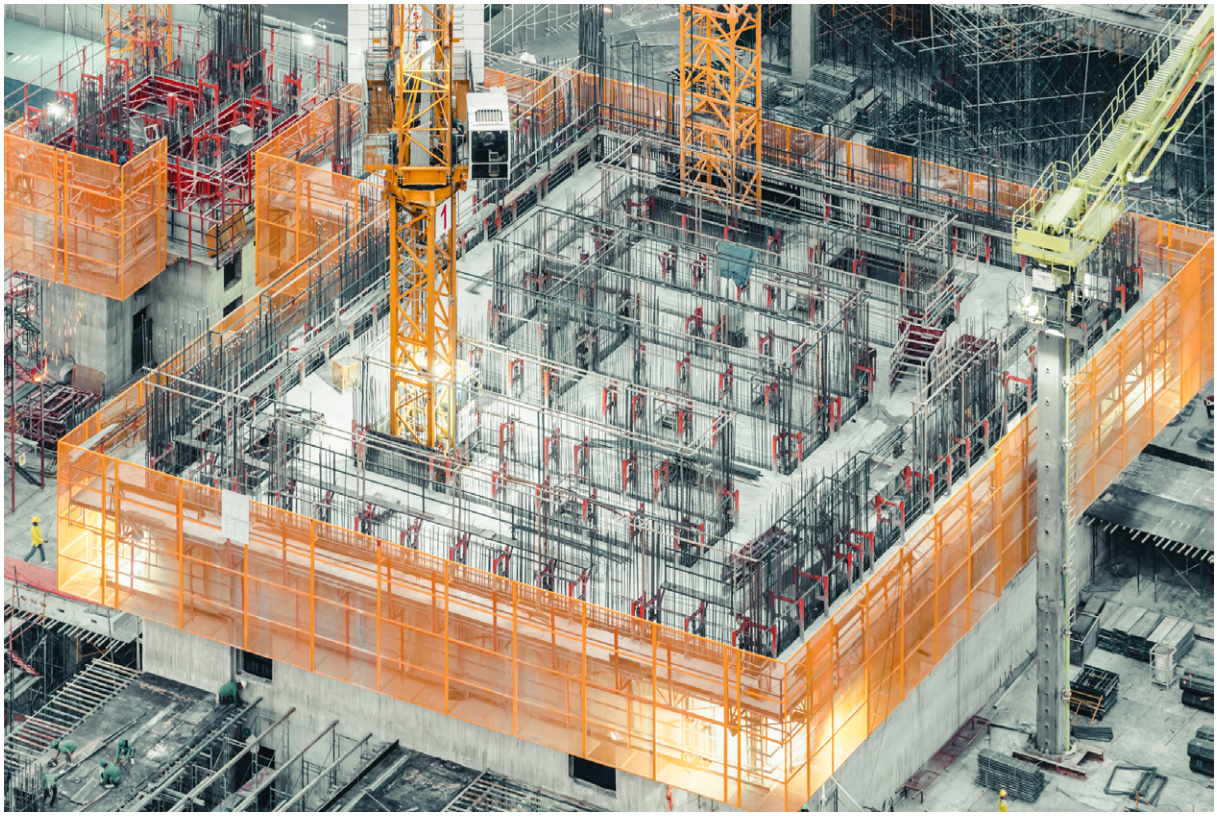


Figure 1: Mise en évidence de l'ingénierie dans la construction d'un ouvrage industriel

Le mot **ingénierie** est d'une très grande popularité de nos jours : tout le monde en parle ! Mais, parfois flou pour le grand public : la compréhension de ce concept n'a pas toujours été si évidente, car un grand nombre d'ingénieurs bien qu'assez expérimentés ou d'écoles d'ingénieurs ne parviennent pas tous à expliquer si lucidement ce thème/concept célèbre.

Pour la CTI (Commission des Titres d'Ingénieurs, https://www.cti-commission.fr/) : «Le métier de l'ingénieur consiste à poser, étudier et résoudre de manière performante et innovante des problèmes souvent complexes de création, de conception, de réalisation, de mise en œuvre et de contrôle, ayant pour objet des produits, des systèmes ou des services - et éventuellement leur financement et leur commercialisation - au sein d'une organisation compétitive. Il prend en compte les préoccupations de protection de l'homme, de la vie et de l'environnement, et plus généralement du bien-être collectif.»

INTRODUCTION À L'INGÉNIERIE

Pour l'ABET (Accreditation Board of Engineering and Technology, https://www.abet.org/), l'ingénierie est la profession dans laquelle la connaissance des sciences mathématiques et naturelles, acquise par l'étude, l'expérience et la pratique, est appliquée avec discernement afin de développer des moyens d'utiliser économiquement les matériaux et les forces de la nature au profit de l'humanité.

Ainsi, nous proposons aussi une définition assez simple et plus claire de l'ingénierie comme étant l'application créative, objective et pratique des sciences et des mathématiques afin de solutionner des problèmes pour le bien être de l'humanité (University of New South Wales, 2018 ; Engineers Australia, 2018 ; University of Maine, 2018).

Quelques points clés de cette définition :

- ➔ **Application** : le fait d'employer quelque chose à une fin déterminée ou de la mettre en pratique ;
- ➔ **Créatif (ve)** : la capacité/faculté d'imaginer, d'inventer, de créer, ou de réaliser quelque chose de nouveau ou d'original ;
- ➔ **Objectivité** : le fait de se conformer à la réalité, de porter des jugements qui décrivent les faits avec exactitude ;
- ➔ **Pratique** : qui est parfaitement adapté à l'usage que l'on en fait ;
- ➔ **Sciences** : notre connaissance/compréhension des faits/objets/phénomènes scientifiquement (suivant des lois et/ou par des méthodes expérimentales vérifiées) ;
- ➔ **Mathématiques** : l'utilisation du calcul, de la logique, de la précision.

De ce fait, l'ingénierie serait donc le fait de connaître/comprendre les faits/objets/phénomènes mathématiquement et scientifiquement (c.-à-d. suivant des lois et ou par des méthodes expérimentales vérifiées) et la capacité de la mettre en pratique avec exactitude et précision, en se conformant à la réalité tout en créant, inventant, réalisant, ou apportant des solutions originales/nouvelles aux préoccupations de l'humanité.

Ainsi, l'une des orientations principales de l'ingénierie pourrait inclure :

- Le développement des routes, ponts, avions, voitures, machines, ordinateurs, logiciels, appareils, téléphones, etc.
- La conception et la production des composés chimiques ou de nouveaux matériaux ;
- Le pilotage efficient des opérations d'une unité industrielle de production ;
- La construction et le développement des villes ;
- L'exploitation optimale des ressources pétrolières et minières ;
- Le développement des solutions avancées pour la sécurité informatique ;
- Etc.

INTRODUCTION À L'INGÉNIERIE

Pendant que les scientifiques découvrent, démontrent et expliquent les théories, le rôle des ingénieurs est de bien les maitriser, les appliquer convenablement pour des fins utiles.

Ainsi l'ingénierie touche plusieurs secteurs (santé, énergie, confort, transport, environnement, etc.) et par extension plusieurs domaines de compétences.

Dans la littérature, le mot **génie** est parfois employé en lieu et place de l'**ingénierie**.

Le **génie** caractérise ces connaissances dont possèdent les ingénieurs :

- **Connaissances scientifiques et mathématiques** en plus des connaissances issues de l'expérience,
- **Méthodes rationnelles** ;
- **Utilisation finalisée des connaissances**, utiles pour la conception des solutions originales.

Les personnes pratiquant l'ingénierie sont appelées des **ingénieurs.** Partant de la définition, nous modélisons l'ingénierie par la figure suivante :

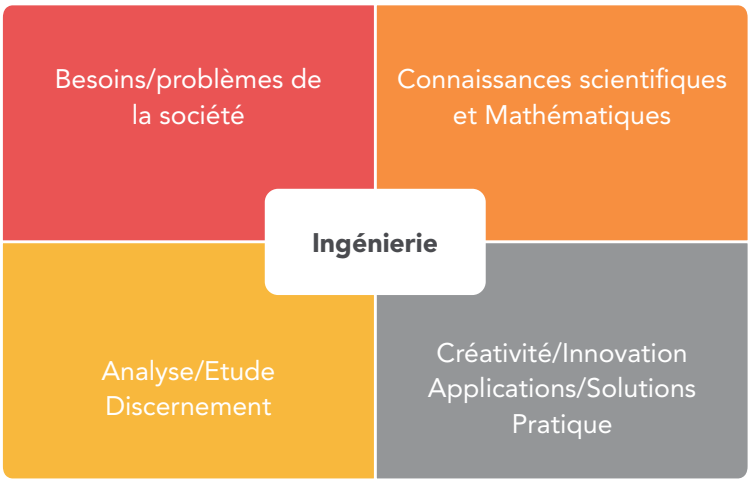


Figure 2 : Modélisation de l'ingénierie

Les ingénieurs devraient donc être dotés :

- D'un bon sens de curiosité, d'écoute, d'observation qui leur permettra de mieux cerner les besoins/problèmes de la société ;
- De bonnes bases/connaissances scientifiques et mathématiques utiles pour leur domaine ;
- D'une bonne capacité d'analyse ;
- et des compétences pratiques et de créativité.

INTRODUCTION À L'INGÉNIERIE

1.2 QU'EST-CE QU'UN INGÉNIEUR ET QUELLES SONT LES PRINCIPALES MISSIONS D'UN INGÉNIEUR ?

Figure 3 : Un ingénieur en train de concevoir une maison

Le mot **ingénieur** dérive du mot latin *Ingenium :* Dans tous ses différentes utilisations, ***ingenium*** exprime, représente, désigne lorsqu'il s'agit de l'homme, l'élément inné en lui de productivité, de créativité, d'innovation, de capacité de dépasser et de transformer le donné, qu'il s'agisse de la spéculation intellectuelle, de la création poétique et artistique, du discours persuasif, des innovations techniques, des pratiques sociales et politiques.

Un **ingénieur** est une personne capable d'exercer de l'ingénierie. L'activité de l'ingénieur peut se résumer par la figure ci-après :

INTRODUCTION À L'INGÉNIERIE

Figure 4 : Les missions essentielles de l'ingénieur

Une connaissance approfondie du rôle des ingénieurs permet d'apprécier au mieux leur travail.

Les ingénieurs ont un rôle majeur à jouer dans l'écoute de la société, en l'informant de ce que l'ingénierie peut réaliser et en concentrant leurs efforts pour faire en sorte que l'ingénierie réponde à leurs besoins fondamentaux (Lawler, 2013).

Pour réussir sa mission, l'ingénieur devrait avoir des connaissances générales, scientifiques, techniques, technologiques, économiques, sociales et humaines.

INTRODUCTION À L'INGÉNIERIE

Conditions d'accès au titre d'ingénieur

Le titre d'ingénieur demeure très prestigieux et réservé dans certaines régions du globe. Pour être reconnu et appelé « ingénieur » ou exercer la « profession d'ingénieur », il faudrait remplir certains critères bien définis et propres à chaque localité.

Par exemple :

Région	Critères
Canada	Le titre d'ingénieur est règlementé. IL faudrait donc avoir une autorisation de l'ordre des ingénieurs. Pour plus d'informations : http://www.oiq.qc.ca/pages/accueil.aspx?lang=en ; https://engineerscanada.ca/fr
France	Le titre d'ingénieur est non réglementé : l'accès à la profession et l'usage du titre sont libres mais le titre d' « ingénieur diplômé » reste réservé aux diplômés des Grandes Ecoles accréditées. Pour plus d'informations : http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid20194/les-formations-d-ingenieur.html
Tunisie	Pour exercer le métier d'ingénieurs, il faut s'inscrire au tableau de l'Ordre des Ingénieurs Tunisiens. Pour plus d'informations : http://www.oit.org.tn
Cameroun et certains pays africains	Profession non réglementée, et à accès libre après être diplômé d'une grande école délivrant le diplôme d'ingénieur.

Tableau 1 : Quelques critères d'accès à la formation d'ingénieur par régions

La réglementation de la profession d'ingénieur dans certaines régions est là pour encadrer le métier, assurer un minimum de qualité, protéger le public, et protéger le label/prestige de l'ingénierie. Mais du fait que la profession d'ingénieur reste à accès libre ailleurs, cela présente un gros risque, raison pour laquelle, les Etats doivent veiller à la qualité des formations délivrées dans leurs écoles d'ingénieurs, et les conditions d'attributions des diplômes.

Tous les secteurs d'activités étant concernés par le développement, la modernisation, les ingénieurs exercent leurs compétences partout :

INTRODUCTION À L'INGÉNIERIE

- Dans l'industrie ;
- Dans l'agroalimentaire ;
- Dans l'énergie ;
- Dans les télécommunications ;
- Dans la sécurité ;
- Dans la santé ;
- Dans l'agriculture ;
- Dans l'informatique ;
- Dans la recherche ;
- Dans les finances ;
- Dans le transport ;
- Dans la construction ;
- Etc.

En définissant l'ingénierie, nous avions dire que cela consistait en la maîtrise et l'application des connaissances techniques et scientifiques, mais en plus de tout cela, pour être aptes, les ingénieurs devraient acquérir d'autres compétences très utiles comme la gestion des projets, la gestion financière, des bonnes qualités communicationnelles, la rigueur, la méthode, etc., que nous allons présenter plus tard dans un autre paragraphe.

INTRODUCTION À L'INGÉNIERIE

Quel est le véritable rôle, la place des ingénieurs pour le progrès sociétal et le développement technologique ?

Les ingénieurs jouent un rôle majeur dans le développement et l'application de la technologie, de même que la responsabilité de l'évolution de la société. Les ingénieurs fournissent également les informations dont la société a besoin pour prendre de meilleures décisions (Alasken, 2015). Ils doivent fournir des informations à la société de manière impartiale et sans porter de jugement (Alasken, 2015).

Cette relation est parfois indirecte, par exemple, les ingénieurs sont d'un très grand apport pour les industries ; mais la société ne voit pas aussi souvent cette contribution des ingénieurs, mais s'attarde le plus souvent qu'aux artéfacts, faits visibles et concrets, exploits de ces industries tel qu'illustré par la figure ci-dessous (Alasken, 2015) :

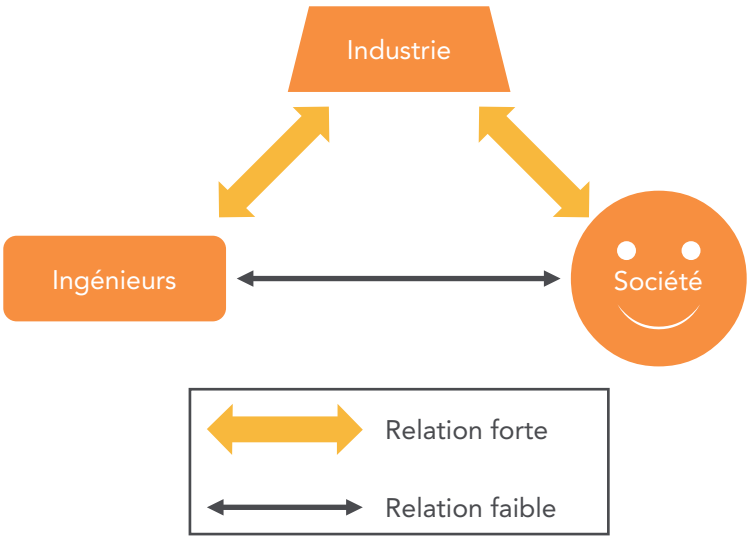


Figure 5 : La relation entre l'ingénieur et la société avec l'industrie comme principal intermédiaire (Adapté d'Alasken(2015))

Pour expliquer cette représentation, considérons un exemple concret. Les ingénieurs de Volvo (https://www.volvocars.com), au jour le jour développent, produisent des véhicules de nouvelle génération adaptés pour la mobilité des biens et des personnes, mais un bon nombre de citoyens ne reconnaissent pas directement la valeur des ingénieurs qui s'y trouvent, mais tous sont d'accords que VOLVO est un acteur majeur du développement et du progrès technologique. Pourtant, les ingénieurs occupent une place très importante à VOLVO à la Recherche & Développement, aux Achats et Approvisionnements, à la Production, etc.

Les ingénieurs interagissent aussi rarement directement avec la société, le grand public pourtant les médecins le font le plus souvent : raison pour laquelle la fonction médicale a parfois l'air plus prestigieuse que l'ingénierie.

Par conséquent, si l'on veut examiner le rôle des ingénieurs dans la société et leurs responsabilités sociales, il faut d'abord se pencher sur les rôles actuels des ingénieurs dans l'industrie (Alasken, 2015). L'industrie a sa propre idéologie et ses normes, décrites par sa vision, ses valeurs, sa mission, sa croissance, son retour sur investissement, ses performances, son efficacité, sa loyauté, etc., et sont généralement imposées aux ingénieurs, à leurs choix.

Ainsi, le rôle de l'ingénieur dans un environnement sera conditionné par les exigences et les orientations que lui donnerait son industrie : il a généralement peu de pouvoir sur cet aspect, et sa contribution à la société serait donc conditionnée par assez de facteurs non maîtrisables.

Quelques rôles des ingénieurs de nos jours :

- Conception : les ingénieurs développent de nouvelles technologies, créent la plupart des produits/services ;
- Analyse : les ingénieurs appliquent les techniques/connaissances pour analyser, simuler, faire des essais afin d'aider dans la prise de décision et la réduction des risques ;
- Innovation, direction et mise en œuvre des projets ;
- Le conseil ou l'expertise ;
- Suivre et accompagner différents projets (produits, systèmes, services) depuis leur élaboration jusqu'à leur fonctionnement : ils interviennent à chaque étape de la chaîne de conception/production ;
- Etre à même de justifier les différents dysfonctionnements techniques et œuvrer méthodiquement à leur résolution ;
- Veiller à la conformité des produits/services et au respect minutieux des cahiers de charges ;
- Appréhender et tenir compte des principales implications éventuelles des projets (économiques, budgétaires, stratégiques, commerciales, humaines, sociétales, et environnementales).

Les ingénieurs travaillent aussi bien dans les entreprises industrielles qu'au service de l'Etat, d'ONG.

La complexité et la pression de notre ère, les clients de plus en plus exigeants et versatiles, la compétitivité des marchés, le progrès continu, les évolutions technologiques et scientifiques, l'accroissement des investissements, l'augmentation des risques, poussent les entreprises/organisations à se doter de plus en plus en ingénieurs parfois au détriment des techniciens ou d'autres professionnels très expérimentés. L'ingénieur est acteur/concepteur de cet écosystème mondial, mais il doit aussi accompagner ses œuvres d'un questionnement et de valeurs éthiques. A travers l'historique du métier d'ingénieur (paragraphe suivant), il est à en point douté que son rôle majeur est évident.

1.3 LA GENÈSE DU MÉTIER D'INGÉNIEUR

Bien que le concept/mot **ingénierie** est tout récent, cette pratique/profession a des origines si vielles et très lointaines : l'ingénierie existe depuis l'Antiquité et son histoire pourrait être scindée en plusieurs périodes qui se chevauchent (Tarek, s.d.). Et il est généralement difficile de définir des limites claires entre les époques, car l'ingénierie est développée de manière séquentielle et parallèle (les nouveaux produits sont développés à partir d'anciens), mais le début d'une époque est généralement symbolisé par une invention révolutionnaire. Dans ce contexte, nous allons diviser les âges en :

Fig : Les grandes périodes de l'histoire retraçant la naissance et l'essor de l'ingénierie

1.3.1 ANTIQUITÉ (3000 AV. JC-600 AP. JC)

Les anciens ingénieurs et artisans travaillaient principalement selon plusieurs essais et erreurs avant d'atteindre un résultat positif. Les sciences n'étaient pas encore développées. La pensée combinée avec l'imagination a produit de nombreux dispositifs / systèmes étonnants. De nombreux monuments antiques ne peuvent que susciter l'admiration.

Une brève liste de leurs travaux :

- les premières roues connues et inventées dans l'ancienne Mésopotamie à Sumer aux environs de 3500 à 3000 av. JC, objet fondamental des transports (voir figure ci-après).

INTRODUCTION À L'INGÉNIERIE

Figure 6 : Les premières roues qui étaient utilisées en Mésopotamie

- construction des merveilleuses pyramides à Gizeh en Egypte par Kheops
- la construction des aqueducs romains
- les inventions mécaniques d'Archimède
- les machines militaires complexes chinoises et romaines comme la Ballista
- mise sur pieds des lampes à partir de la graisse animale
- vers 530 av. J. C, mise au point des premières machines de levage
- vers 217 av. JC. Achèvement de la Grande Muraille de Chine

1.3.2 MOYEN-ÂGE (600-1600)

Cette période est marquée par de Contributions importantes en mécanique et contrôle, et parmi les principales réalisations, nous pouvons citer :

- invention du Système bielle-manivelle pour appareils de levage d'eau
- début de la construction de barrages
- vers 1090, mise au point de la machine à dévider la soie en Chine
- vers 1231, les chinois inventent la grenade
- etc.

Figure 7 : Systèmes de levage d'eau dans les châteaux antiques

INTRODUCTION À L'INGÉNIERIE

1.3.3 RENAISSANCE (1600-1700)

De nombreux principes et lois techniques et d'ingénierie de base ont été formulés.

Parmi les principales réalisations, nous pouvons citer :

- L'utilisation des dessins techniques pour la communication devient une nécessité (voir fig.)
- Formulation des Principes et trois lois du mouvement de Newton
- En 1642, Blaise Pascal invente la machine à calculer
- En 1643, le baromètre est inventé par Evangelista Torricelli
- En 1659, Robert Boyle invente une machine pneumatique
- En 1698, Thomas Savery met au point sa machine à vapeur : Le développement de cet appareil a été relégué à la révolution industrielle au cours des prochaines décennies et a permis de lancer la production en série.
- Etc.

Avec l'avènement de l'ingénierie en tant que profession au 18ème siècle, le terme ingénieur est devenu plus étroitement appliqué aux domaines dans lesquels les mathématiques et les sciences étaient appliquées à ces fins.

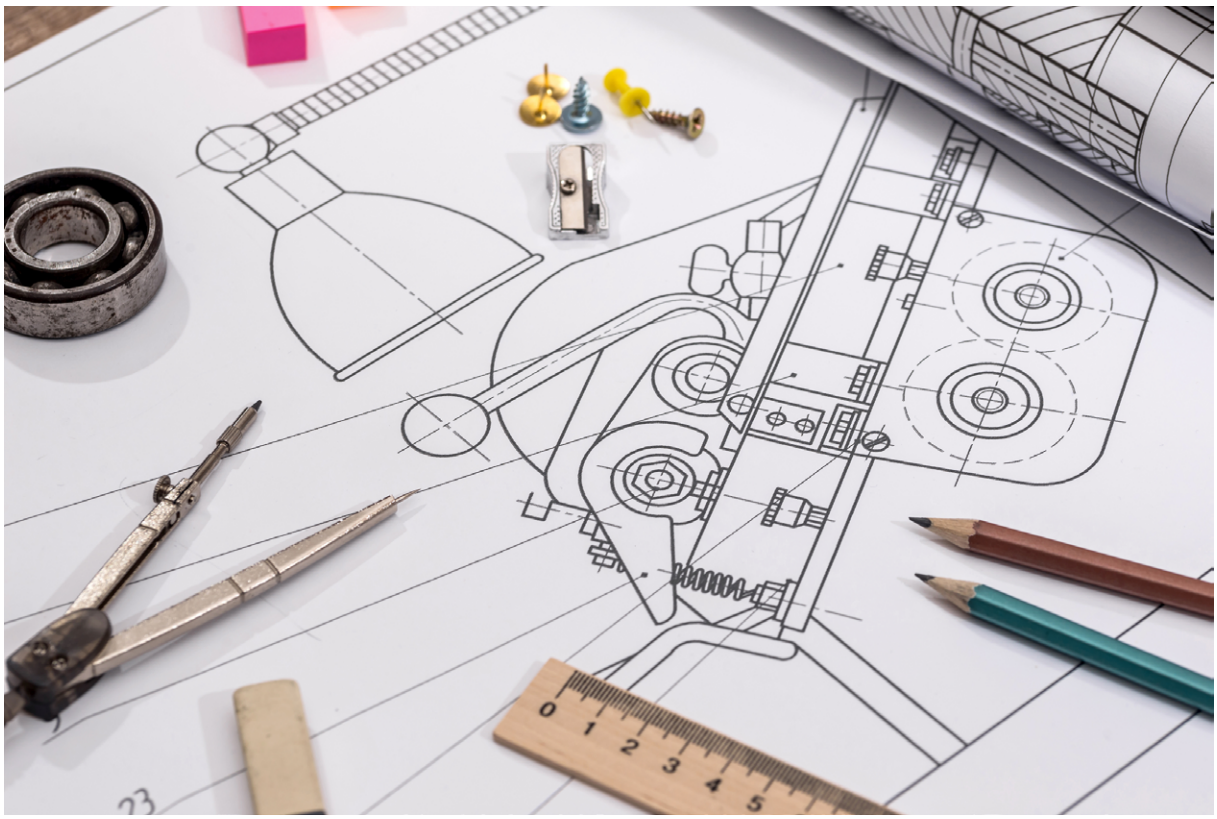


Figure 8 : L'utilisation du dessin comme l'un des moyens privilégiés entre les ingénieurs

INTRODUCTION À L'INGÉNIERIE

1.3.4 L'ÈRE INDUSTRIELLE (1700-1945)

Du dix-huitième au début du dix-neuvième siècle, les ingénieurs civils et mécaniciens sont passés d'artistes techniques à des professions scientifiques.

L'ère industrielle est caractérisée par la création des industries et le début de la production de masse. Les principales réalisations à cette période comprennent :

- La mise au point du thermomètre au mercure par Gabriel Fahrenheit en 1718 ;
- L'invention de la pile par Alessandro Volta en 1718 ;
- Invention du premier train tracté par une locomotive à vapeur en 1804
- Elaboration du principe du moteur électrique fondé sur l'induction par Faraday
- De 1831 à 1834, la mise au point de la moissonneuse par Cyrus McCormick
- De 1851 à 1860, Wheatstone travaille sur la machine à écrire
- En 1857, Joseph Gayetty invente le papier toilette
- Michaux met au point le vélocipède à pédale en 1861, qui a donné naissance à nos bicyclettes modernes
- 1887-1889 est marquée par la construction de la célèbre Tour Eiffel
- De 1887 à 1890, Peugeot crée ses premières voitures automobiles
- En 1888, Georges Eastman met au point l'appareil photographique « Kodak »

INTRODUCTION À L'INGÉNIERIE

- En 1911, le tube néon est mis au point par Georges Claude
- En 1923, le tout premier dispositif de télévision entièrement électronique est créé
- En 1938, le procédé de fabrication des stylos à bille est mis au point.

L'ingénierie mécanique a pris un élan grâce aux travaux de Thomas Savery et James Watt. L'essor de l'ingénierie électrique et électronique a aussi été boosté grâce aux travaux d'Alessandro Volta, Michel Faraday, James Maxwell et Heinrich Hertz.

D'autres spécialités de l'ingénierie comme le génie civil, le génie chimique ont pris également un grand élan.

Figure 9 : Production et assemblage des véhicules en masse

1.3.5 L'ÈRE ÉLECTRONIQUE (1945-1990)

L'année 1945 marque la fin de la seconde guerre mondiale. La recherche et développement sont en plein essor après cette seconde guerre mondiale.

INTRODUCTION À L'INGÉNIERIE

Il y a eu beaucoup de réalisations technologiques à cette époque, nous pouvons citer :

- transistor inventé en 1947 avec l'essor de l'électronique
- en 1988, la pilule abortive mise au point en France
- premier réacteur nucléaire (Fermi)
- Télévision couleur est mise au pont
- Les ingénieurs en aéronautique transforment l'ancien rêve du vol en une commodité de voyage pour les citoyens ordinaires
- Les ingénieurs de contrôle accélèrent le rythme de l'automatisation

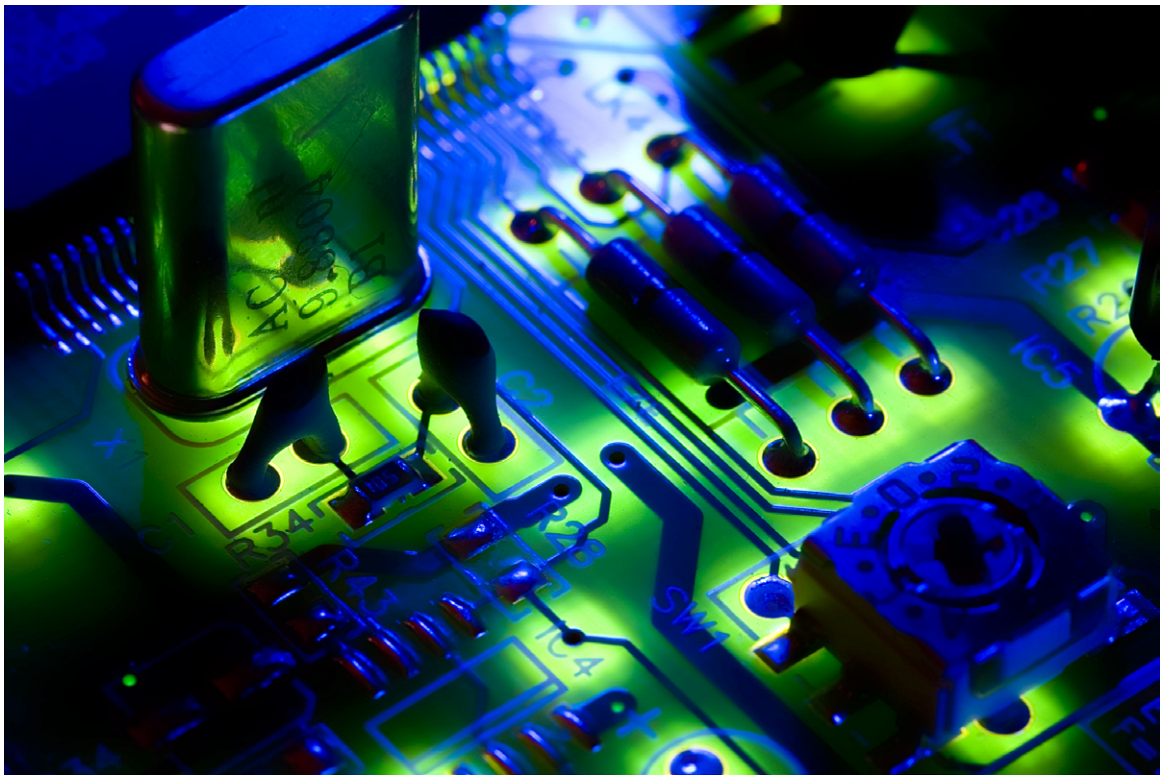


Figure 10 : L'utilisation du transistor et le rôle de l'électronique dans l'essor technologique

INTRODUCTION À L'INGÉNIERIE

Figure 11 : L'avion mis au point grâce aux avancées technologiques

INTRODUCTION À L'INGÉNIERIE

1.3.6 L'ÈRE DE L'INFORMATION : DEPUIS 1990

À mesure que les sciences de l'ingénieur ont mûri après la seconde guerre mondiale, la microélectronique, les ordinateurs et les télécommunications ont conjointement développé les technologies de l'information.

L'ère de l'information est marquée par :

- L'essor de l'informatique
- la mise au point de l'Ordinateur portable
- l'Internet
- les téléphones portables
- la biotechnologie
- utilisation de l'énergie nucléaire et atomique
- le développement et l'utilisation des matériaux avancés
- la Microtechnologie
- l'Intelligence artificielle
- les voitures électriques et hybrides
- l'augmentation de la capacité des microprocesseurs grâce aux transistors en miniatures

Figure 12 : Le rôle clé des ordinateurs et de l'informatique dans l'essor de l'ingénierie

INTRODUCTION À L'INGÉNIERIE

1.3.7 L'INGÉNIERIE DE NOS JOURS

Pour diriger le progrès de technologies sophistiquées, les ingénieurs se modifient en réformant et en révolutionnant les programmes éducatifs et en intensifiant les efforts de recherche. La recherche technique intensive génère de nouvelles technologies et un corpus de connaissances systématiques puissantes. L'ingénierie développe également ses propres théories et est en train de devenir une science de la création, de l'analyse et de l'utilisation de systèmes créés par l'homme.

Les sciences physiques et la biologie contribuent également au développement de la technologie ; nous avons maintenant des biotechnologies faisant appel à la biologie, à la biochimie, à la physique et à diverses expertises en ingénierie.

Figure 13 : Développement ultramoderne induit par l'ingénierie : Cas de Berlin en Allemagne

INTRODUCTION À L'INGÉNIERIE

1.4 LES PRINCIPAUX DÉFIS AUXQUELS LES INGÉNIEURS DOIVENT FAIRE FACE

Les ingénieurs doivent utiliser rationnellement les ressources limitées de la planète pour améliorer les conditions de vie de plus de sept milliards de personnes dans le monde (Davidson, 2010).

Nous nous appuyons désormais sur plusieurs technologies d'ingénierie : l'électricité pour de nombreuses activités quotidiennes, les véhicules de mobilité des biens et des personnes à travers le monde…. Ces réalisations techniques en sont certainement autant comme de grands défis et opportunités qui restent à réaliser.

De nos jours, il y a de nombreux défis auxquels les ingénieurs doivent apporter des contributions pratiques, à la fois dans leurs régions qu'à l'échelle planétaire : Il y a assez de problèmes à résoudre et de nombreux défis.

Un groupe international de grands penseurs technologiques a identifié et annoncé en 2008, 14 objectifs ambitieux pour améliorer la planète : ils s'inscrivent dans les domaines de la durabilité, de la santé, de la sécurité et de la joie de vivre (National Academy of Engineering, 2018 ; Sussan, 2008). Ces défis ont été publiés par l'Académie Nationale de l'Ingénierie Américaine NAE (https://www.nae.edu) :

INTRODUCTION À L'INGÉNIERIE

➔ **Rendre économique l'énergie solaire** : le taux de conversion de la lumière du soleil par les photovoltaïques reste faible. Donc il faudrait réfléchir comment augmenter ce taux, et réfléchir aussi sur les procédures et moyens de stockage.

➔ **Utiliser la fusion nucléaire** : qui permet d'obtenir l'énergie en réunissant des atomes en formes plus complexes.

➔ **Développer des méthodes de "séquestration du gaz carbonique" :** c.-à-d. à limiter que la pollution due au gaz carbonique ne se repende dans l'atmosphère mais reste capturée et stockée en lieu sûr.

➔ **Savoir gérer le cycle de l'azote :** l'industrie humaine a détraqué le cycle de l'azote, produisant assez de déchets comme l'oxyde nitreux contribuant à l'effet de serre et la destruction de l'atmosphère, ou la pollution de l'eau par les nitrates. Donc il faut savoir mieux gérer le cycle pour contrer ces effets pernicieux.

➔ **Donner l'accès à l'eau potable pour tous :** Aujourd'hui au moins 1/6 de la population globale n'a pas accès à l'eau potable qui est vitale. Les ingénieurs devraient mettre en place des solutions novatrices pour résoudre ce problème.

Figure 14 : l'accès à l'eau potable : un majeur défi dans certaines localités

➔ **Restaurer et améliorer l'infrastructure urbaine :** la plupart des infrastructures des villes sont assez faillibles et vieillissantes. Des nouvelles technologies doivent être découvertes pour accélérer les constructions et entretenir les infrastructures. De même, de nouveaux matériaux de construction doivent être découverts. Et des solutions plus économiques doivent être employées.

INTRODUCTION À L'INGÉNIERIE

- **Améliorer l'informatique médicale :** Informatiser les données médicales reste un gros défi. De même, les médecins ont besoin des logiciels d'aide à la décision, au diagnostic des malades, à l'assistance technique. Et il y a aussi un fort besoin en logiciels qui permettront de maitriser/limiter la propagation des maladies.
- **Créer de meilleurs médicaments :** il est question de trouver des médicaments efficaces, adaptés aux caractéristiques biologiques de chaque patient.
- **Arriver à faire la rétro-ingénierie du cerveau :** Afin que l'intelligence artificielle progresse, les ingénieurs devraient être capables de mieux simuler le fonctionnement du cerveau, car les chercheurs aujourd'hui sont limités qu'aux modèles psychologiques/logiques. Cette rétro-ingénierie permettrait aussi de faire un gros progrès en médecine.
- **Eviter une catastrophe nucléaire :** Depuis l'époque de la guerre froide à nos jours, le risque d'une catastrophe nucléaire persiste toujours. Les ingénieurs doivent travailler, faire de nouveaux développements (matériaux plus résistants, détections des menaces à distance, facilitation des mesures d'urgence en cas d'explosion, etc.)

Figure 15 : Illustration de l'effet destructeur d'une catastrophe nucléaire

- **Sécuriser le réseau :** les protocoles de communication doivent devenir plus sûrs étant donné que l'action des pare-feu est limitée. Et aussi, les ingénieurs doivent aussi créer des langages de programmation intégrant un grand niveau de sécurité.
- **Améliorer la réalité virtuelle :** Des recherches doivent être faites pour améliorer les interfaces visuelles, perfectionner l'illusion ; et fusionner le monde réel au monde virtuel.

INTRODUCTION À L'INGÉNIERIE

Figure 16 : Une dame utilisant la réalité virtuelle

➔ **Développer l'apprentissage personnalisé** : les cerveaux étant différents, les approches d'apprentissage doivent se personnaliser. Un téléchargement des informations dans le cerveau est même envisagé.

➔ **Créer des outils nécessaires à la découverte scientifique :** La recherche fondamentale besoin de plus en plus d'instruments sophistiqués pour se développer, et les ingénieurs devraient travailler dessus.

Compte tenu de la nature mondiale des défis, il est extrêmement important que la formation en ingénierie dans le monde soit comparable et orientée vers les défis de l'avenir et les défis des communautés locales (Fuchs et Bochar, s.d.).

Les trois exigences clés à satisfaire pour promouvoir la réforme des systèmes de formation des ingénieurs au niveau mondial (Fuchs et Bochar, s.d.) :

- Premièrement, malgré le fait que les universités restent ancrées dans leurs systèmes éducatifs nationaux respectifs, elles prennent néanmoins au sérieux les défis de la mondialisation. En effet, beaucoup de ces institutions sont en train de devenir des organisations internationales capables d'anticiper les défis futurs. Les futurs ingénieurs qui étudieront dans ces institutions doivent participer à des programmes stimulants pour traiter les problèmes clés identifiés. Cela permettra d'augmenter le nombre d'instruments pouvant être utilisés pour relever les défis futurs.
- deuxièmement, afin de garantir que les futurs ingénieurs puissent surmonter les défis efficacement et à l'échelle mondiale, il convient de permettre une comparaison des programmes d'ingénierie du monde entier afin d'évaluer leurs potentiels atouts et lacunes.
- troisièmement, les programmes doivent refléter et prendre en compte le contexte international d'une économie mondiale de plus en plus interconnectée dans un monde multiculturel.

INTRODUCTION À L'INGÉNIERIE

1.5 POURQUOI DEVENIR INGÉNIEUR ?

Bon nombre de jeunes, comme cette fille de la figure ci-après aspirent à l'ingénierie.

Figure 17 : Une petite jeune fille aspirant au métier d'ingénieur

Face aux défis actuels (économiques, humains, technologiques, environnementaux), les ingénieurs jouent un rôle important. Devenir un ingénieur procure aussi de nombreux atouts (Kazi et Nawaz, 2017 ; Alasken, 2015) :

- Avec les compétences d'ingénieur, l'on a la possibilité de travailler dans différents secteurs/industries : accès à de débouchés dans différents secteurs d'activités et organisations. Les profils d'employeurs sont assez variés et l'ingénierie offre un accès privilégié à l'ensemble des domaines professionnels. Choisir l'ingénierie permet d'avoir un accès à l'ensemble des domaines et secteurs d'activités dans les organisations. Les diplômés en ingénierie n'ont pas du mal à trouver un emploi car leurs profils sont en forte demande sur le marché La formation des ingénieurs et les opportunités dévolution offrent une variété d'options. De plus en plus, les ingénieurs ont parfois la possibilité de passer rapidement d'une spécialité à une autre ;
- Les salaires des ingénieurs sont assez compétitifs et attrayants : une rémunération attractive et supérieure à la moyenne ;
- Devenir ingénieur facilite des carrières internationales ;
- L'ingénierie est stimulante et c'est un métier à de fortes responsabilités; les ingénieurs se plaisent dans leur travail.

INTRODUCTION À L'INGÉNIERIE

- L'impact de l'ingénierie sur la société.
- Le métier de l'ingénierie est prestigieux, avec un bon statut social qui accompagne les carrières des ingénieurs
- L'ingénierie nourrit et fait vivre la passion pour les sciences et la technologie
- Durée de formation plus courte comparée à la médecine qui va jusqu'à 7 ans au moins
- la formation en génie est vaste et constitue le fondement de la poursuite des études pour devenir docteurs, écrivains et hommes d'affaires;
- les ingénieurs accèdent souvent à des postes de direction et gagnent plus au cours de leur carrière satisfaction au travail : les carrières en ingénierie offrent aux ingénieurs plaisir et satisfaction
- variété d'opportunités de carrière : un diplôme d'ingénieur offre un large éventail de possibilités de carrière et dans la pratique de l'ingénierie, il existe une très grande variété de fonctions
- Un travail stimulant : les problèmes d'ingénierie en temps réel sont souvent difficiles et tous les problèmes sont généralement ouverts. les ingénieurs sont invités à concevoir des solutions et à convaincre les autres.
- Développement intellectuel : une formation d'ingénieur exercera votre cerveau, développera votre capacité à penser de manière logique et à résoudre des problèmes. Ces compétences sont précieuses pour la carrière et la vie des personnes.
- société bénéficiaire : à peu près tout ce que font les ingénieurs bénéficie à la société. Par exemple, les ingénieurs conçoivent des bâtiments, des systèmes de transport, etc. et, en fonction de notre système de valeurs, nous ne considérons peut-être pas tout ce que les ingénieurs font pour le bien de tous.
- sécurité financière : si vous décidez de devenir ingénieur, vous serez bien payé. les diplômés en ingénierie reçoivent l'un des salaires de départ les plus élevés. Et les ingénieurs jouissent le plus souvent d'une très forte sécurité de l'emploi avec les taux de chômage les plus faibles.
- prestige : l'ingénierie est un métier respecté, car les ingénieurs jouent un rôle majeur dans l'amélioration des conditions de vie des autres. Ainsi, les ingénieurs reçoivent beaucoup de prestige.
- Découverte technologique et scientifique : une formation en ingénierie aide à comprendre le fonctionnement des choses et des systèmes dans le monde. Et une compréhension de la technologie peut aider à mieux comprendre les problèmes clés auxquels la société est confrontée.
- Pensée créatrice : si vous aimez interroger, explorer, inventer, découvrir et créer, alors l'ingénierie pourrait être un métier idéal, car les ingénieurs pensent de manière créative pour résoudre des problèmes.

INTRODUCTION À L'INGÉNIERIE

Figure 18 : Les principales raisons du choix du métier d'ingénieur

Selon les conclusions de Becker(2010), certaines jeunes ne veulent pas être ingénieurs :

- à cause de la paresse ou de l'ignorance : ils ne la voient tout simplement pas assez attrayante par rapport aux autres options
- le travail d'ingénierie peut être si stressant
- des mathématiques très rigoureuses et abstraites sont requises pour les formations d'ingénieur
- Intégrer une école d'ingénieur n'est pas toujours corrélée avec la pratique d'un métier d'ingénieur.

Mais malgré tout, les bénéfices que cette profession procure sont plus importants, d'où les choix privilégiés.

2 LES PRINCIPALES BRANCHES DE L'INGÉNIERIE ET DÉBOUCHÉS

Il existe plus d'une trentaine de filières d'ingénierie dans le monde, étant donné que l'ingénierie est si important pour la quasi-totalité des secteurs d'activités.

Ainsi, comme branche d'ingénierie, nous avons :

- L'ingénierie aérospatiale ;
- L'ingénierie agronome ;
- L'ingénierie agroalimentaire ;
- L'ingénierie architecturale ;
- L'ingénierie automobile ;
- L'ingénierie biomédicale ;
- L'ingénierie chimique ;
- L'ingénierie du bois ;
- L'ingénierie civile ;
- L'ingénierie informatique ;
- L'ingénierie électrique/électronique ;
- L'ingénierie électromécanique ;
- L'ingénierie mécanique ;
- L'ingénierie environnementale ;
- L'Ingénierie du feu et de la sécurité incendie ;
- L'ingénierie forestière ;
- L'ingénierie générale ;
- L'ingénierie géologique ;
- L'ingénierie industrielle ;
- L'ingénierie métallurgique ;
- L'ingénierie des mines ;
- L'ingénierie navale ;
- L'ingénierie nucléaire ;
- L'ingénierie pétrolière ;
- L'ingénierie logicielle ;
- L'ingénierie des télécommunications ;
- L'ingénierie des systèmes ;
- L'ingénierie pétrochimique ;
- L'ingénierie hydraulique ;
- L'ingénierie mécatronique ;
- Etc.

Certaines filières comme l'ingénierie mécanique, civile, ou électrique sont assez vieilles et très populaires ; pendant que d'autres comme l'ingénierie forestière sont très peu connues et en plein essor.

Nous allons essayer d'expliquer quelques filières d'ingénierie (voir tableau ci-après) :

Filière	Orientation	Principales Sciences/ théories connexes	Exemples de produits/services
Génie aérospatial	Met l'accent sur le développement des aéronefs et des vaisseaux spatiaux	Aéronautique, astrodynamique, astronautique, avionique, technique de commande, mécanique des fluides, cinématique, science des matériaux, thermodynamique	Avion, robotique, vaisseau spatial, trajectoires
Génie architectural et génie du bâtiment	Met l'accent sur le bâtiment et la construction	Architecture, technologie architecturale	Bâtiments et ponts
Génie biomédical	Met l'accent sur la réduction de l'écart entre l'ingénierie et la médecine afin de faire progresser divers traitements de santé.	Biologie, physique, chimie, médecine	Prothèses, dispositifs médicaux, croissance de tissus régénératifs, mécanismes de sécurité variés, génie génétique
Génie Chimique	Se concentre sur la fabrication de produits chimiques et de procédés de production de produits chimiques	Chimie, thermodynamique, génie des procédés, nanotechnologie, biologie, médecine	Produits chimiques, pétrole, médicaments, matières premières, aliments et boissons, génie génétique
Génie civil	Se concentre sur la construction de grands systèmes, de structures et de systèmes environnementaux	Statique, mécanique des fluides, mécanique des sols, génie des structures, génie géotechnique, génie de l'environnement	Routes, ponts, barrages, bâtiments, système structurel, fondation, terrassement, gestion des déchets, traitement de l'eau

Filière	Orientation	Principales Sciences/ théories connexes	Exemples de produits/services
Génie Informatique	Se concentre sur la conception et le développement de systèmes informatiques et logiciels	Informatique, mathématiques, génie électrique	Microprocesseurs, microcontrôleurs, systèmes d'exploitation, systèmes intégré
Ingénierie électrique	Se concentre sur l'application de l'électricité, de l'électronique et de l'électromagnétisme	Mathématiques, probabilités et statistiques, éthique de l'ingénierie, économie de l'ingénierie, instrumentation, science des matériaux, physique, analyse de réseau, électromagnétisme, système linéaire, électronique, énergie électrique, logique, informatique, transmission de données, ingénierie des systèmes, contrôle technique, traitement du signal	Production d'électricité et équipements, télédétection, robotique, système de contrôle, ordinateurs, appareils électroménagers, Internet des objets, électronique grand public, avionique, véhicules hybrides, véhicules spatiaux, véhicules aériens sans pilote, optoélectronique, systèmes embarqués
Ingénieur industriel	Se concentre sur la conception, l'optimisation et l'exploitation des systèmes et processus de production, de logistique et de service	Recherche opérationnelle, statistiques d'ingénierie, probabilités appliquées et processus stochastiques, ingénierie de méthodes, ingénierie de production, ingénierie de fabrication, ingénierie de systèmes, ingénierie logistique, ergonomie	systèmes de contrôle de la qualité, systèmes de fabrication, systèmes de stockage, chaînes d'approvisionnement, réseaux logistiques, systèmes de file d'attente, gestion des processus métier
Ingénierie mécatronique	Met l'accent sur la technologie et le contrôle de tous les types de systèmes industriels	Contrôle de processus, automatisation	Robotique, contrôleurs, CNC

Filière	Orientation	Principales Sciences/ théories connexes	Exemples de produits/services
Ingénierie mécanique	Se concentre sur le développement et l'exploitation de systèmes énergétiques, de systèmes de transport, de systèmes de fabrication, de machines et de systèmes de contrôle	Dynamique, cinématique, statique, mécanique des fluides, science des matériaux, métallurgie, résistance des matériaux, thermodynamique, transfert de chaleur, mécanique, mécatronique, technique de fabrication, technique de commande	Voitures, avions, machines, production d'énergie, véhicules spatiaux, bâtiments, biens de consommation, fabrication, CVC
Génie métallurgique / génie des matériaux	Met l'accent sur l'extraction des métaux de ses minerais et le développement de nouveaux matériaux	Science des matériaux, thermodynamique, extraction des métaux, métallurgie physique, métallurgie mécanique, matériaux nucléaires, technologie de l'acier	Fer, acier, polymères, céramique, métaux
Ingénierie minière	Met l'accent sur l'utilisation de la science appliquée et de la technologie pour extraire divers minéraux de la terre, à ne pas confondre avec l'ingénierie métallurgique, qui traite du traitement des minéraux de divers minerais après leur extraction.	Mécanique des roches, géostatistique, mécanique des sols, technique de commande, géophysique, mécanique des fluides, forage et dynamitage	Or, argent, charbon, minerai de fer, potasse, calcaire, diamant, élément des terres rares, bauxite, cuivre
Génie logiciel	Se concentre sur la conception et le développement de systèmes logiciels	Informatique, théorie de l'information, ingénierie des systèmes, langage formel	applications, sites Web, systèmes d'exploitation, systèmes intégrés

Tableau 2 : Précisions par rapport à quelques filières d'ingénierie

Comme le métier d'ingénieur touche tous les principaux secteurs de la société, les filières d'ingénierie ne vont que se multiplier, et il n'est pas donc surprenant de voir cette multitude de filières d'ingénierie.

Et de nos jours nous avons d'autres nouvelles filières comme :

- Génie biotechnologique : Le génie biotechnologique est comparable au génie chimique. Les ingénieurs œuvrant dans ces deux secteurs conçoivent des procédés industriels à partir de synthèses créées en laboratoires. Il existe cependant une différence majeure entre le génie chimique et le génie biotechnologique. En biotechnologie, ce sont des organismes vivants, comme les bactéries, qui sont utilisés plutôt que des substances chimiques. Ce type de génie est issu de plusieurs disciplines telles que la biochimie, la biologie moléculaire, la génétique et la microbiologie. Les ingénieurs en génie biotechnologique travaillent en général dans les domaines agricoles, de l'industrie ou de la santé.

Figure 19 : Un ingénieur biotechnologiste faisant des essais en laboratoire

- Ou le génie financier qui a pour but de réaliser les objectifs de financement, de valorisation, d'investissements, de gestion de portefeuille optimums pour l'entreprise, l'actionnaire ou plus généralement l'investisseur.

Figure 20 : Un ingénieur financier analysant les cours de matières premières

Il existe de nombreuses branches d'ingénierie et tout le monde se spécialise dans des technologies et des produits spécifiques. Les ingénieurs auront des connaissances approfondies dans un domaine et des connaissances de base dans des domaines connexes; mais les ingénieurs travaillent souvent dans des équipes interdisciplinaires; ou peuvent facilement transférer leurs compétences à d'autres branches de l'ingénierie.

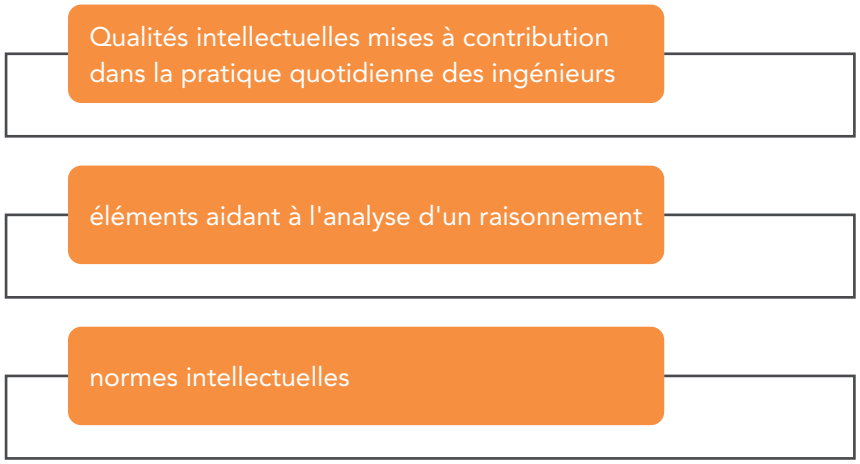
IL y a assez de débouchés pour les ingénieurs après leurs études :

- Soit continuer en entreprises, dans des organisations publiques ou privées : les ingénieurs peuvent ainsi travailler à tous les niveaux (recherche & développement, conception, production, logistique, commercialisation, sécurité, management, gestion de la qualité, etc.) et dans tous les secteurs d'activité (banques, agro-industries, industries pharmaceutiques, industries chimiques, industries manufacturières, construction et génie civil, bureaux d'études, laboratoires de recherches, etc.)- les opportunités d'emploi sont très vastes et diversifiées.
- Ou continuer les études en recherche ou en spécialisation afin d'élargir ou perfectionner leurs champs de compétences et horizons.

3 PRATIQUE DE L'INGÉNIERIE ET COMPÉTENCES RECHERCHÉES CHEZ LES INGÉNIEURS

3.1 LES QUALITÉS D'UN BON RAISONNEMENT (EN TANT QU'INGÉNIEUR)

La démarche du raisonnement de l'ingénieur est quasi identique aux autres secteurs/professions. L'ingénieur doit utiliser le vocabulaire, les théories, et les connaissances propres à son domaine. Nous allons présenter une architecture qui va aider dans l'analyse de la pensée, ce qui permettrait à coup sûr d'améliorer la qualité de son raisonnement en tant qu'ingénieur tout en développant une pensée d'ingénieur mature et de qualité. Cette partie s'articulera autour des :



3.1.1 TRAITS INTELLECTUELS NÉCESSAIRES

Les ingénieurs doivent cultiver de bonnes dispositions intellectuelles afin de donner une perspicacité et intégrité à leur raisonnement :

Humilité intellectuelle	Cela revient à admettre son ignorance et être conscient de son niveau de connaissance/compétence. Il serait important que les ingénieurs restreignent leur jugement à leur domaine de connaissance/compétence.
Courage intellectuel	Les ingénieurs doivent avoir le courage d'exprimer leurs points de vue même lorsqu'ils sont impopulaires auprès des autres et même remettre en cause dans certaines circonstances leurs certitudes/croyances/préjugés.
Empathie intellectuelle	Les ingénieurs devraient aussi considérer les opinions, visions différentes des leurs ; essayer de les comprendre et les analyser grâce aux précisions sur les points de vue, sources, hypothèses, exemples, preuves, etc.
Intégrité intellectuelle	Les ingénieurs doivent se conformer aux mêmes exigences/attentes sur le plan intellectuel que les autres professionnels
Persévérance intellectuelle	Les ingénieurs doivent avoir la capacité à pouvoir endurer/persister dans leurs travaux (intellectuels) perplexes, en dépit des frustrations afin et avant d'arriver à bout.
Rationalité [Confiance à la raison/ logique]	Le travail de l'ingénieur devrait être orienté/guidé par des normes rationnelles comme critères fondamentaux pour faire des choix qui serviront au mieux les intérêts de l'humanité.
Autonomie intellectuelle	Les ingénieurs doivent faire leurs propres jugements rationnels et justifiés, grâce à leur esprit critique, que d'accepter librement les points de vues/opinions des autres.
Impartialité	Les ingénieurs doivent agir avec impartialité c.-à-d. qu'ils ne devraient être influencés par leurs propres intérêts/sentiments, ni ceux de leurs familles, ni ceux de quiconque.

Tableau 3 : Traits intellectuels utiles dans la pratique de l'ingénierie (Paul et al., 2013 ; Niewoehner, 2006)

3.1.2 COMPOSANTES CLÉS D'UN BON RAISONNEMENT D'INGÉNIEUR

Le principe de l'ingénierie repose sur les sciences et leurs applications. Pour cela, l'ingénieur devrait chaque fois analyser et transcrire les problèmes du monde réel en des modèles abstraits mathématiques, scientifiques, physiques, techniques, mécanistes, etc., en se basant sur des hypothèses adaptées et bien justifiées. Puis les résoudre après avoir collecté des données utiles, pertinentes, viables et fiables ; sélectionner et appliquer les théories adaptées à son modèle abstrait. Il devrait par la suite élaborer des solutions originales (et pratiques) adaptées au problème/contexte, interpréter les résultats obtenus ; analyser les éventuelles implications et faire des recommandations éventuelles bien justifiées. Ce processus peut être cyclique telle que présenté par la figure ci-après :

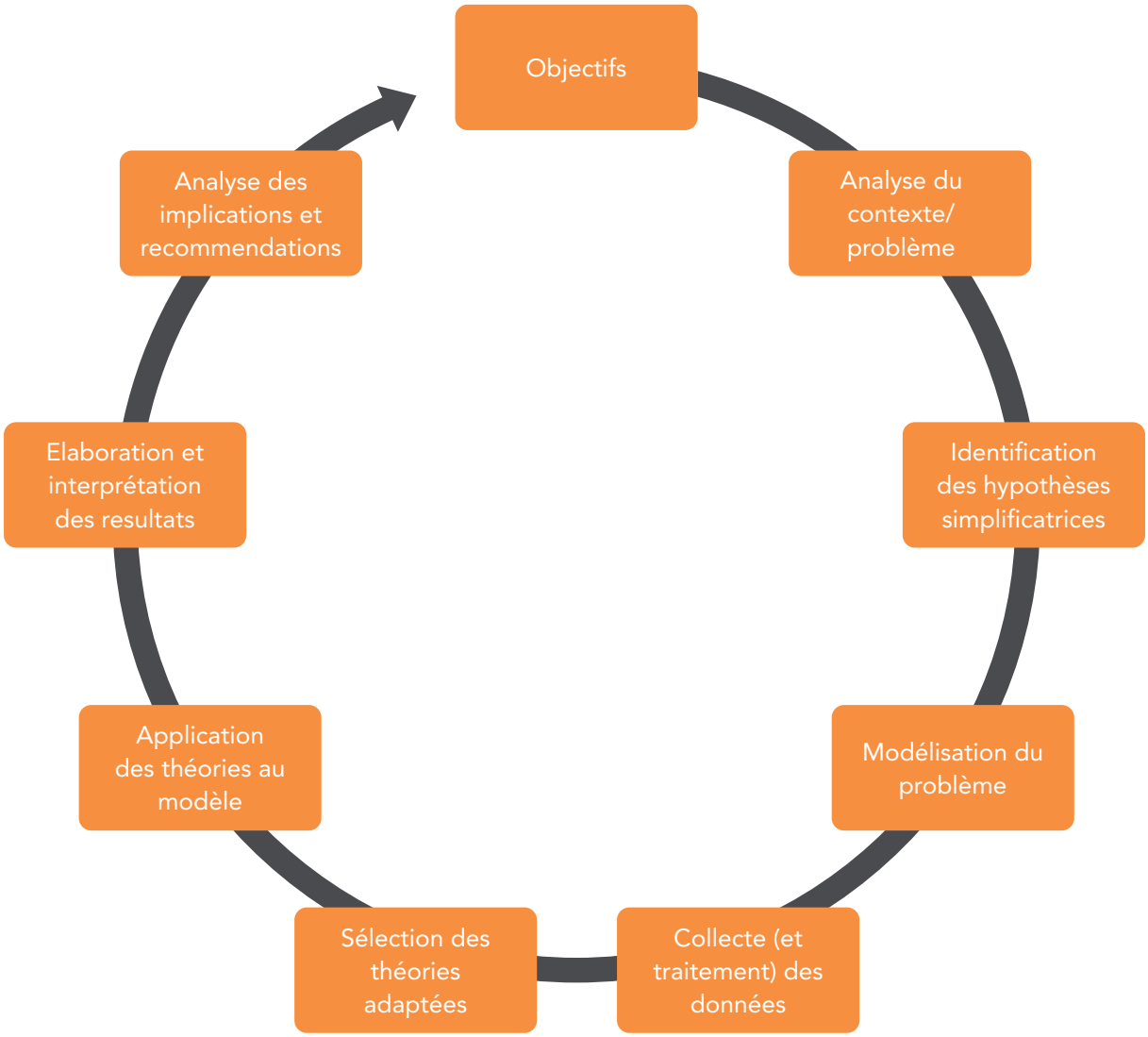


Figure 21 : Approche/cycle de résolution de problèmes en ingénierie

La modélisation permet de simplifier la réalité qui est parfois assez complexe, floue, chaotique et permet de trouver, fabriquer un objet (modèle) idéal pour l'application des théories scientifiques et mathématiques.

Dans le tableau suivant, nous mettons en exergue huit composantes essentielles d'un bon raisonnement d'ingénieur qui en découlent :

Objectivité	Tout raisonnement/travail d'un ingénieur devrait avoir un but, un objectif, sinon il serait inutile, d'aucune valeur ajoutée.
Problème/contexte	Tout raisonnement d'ingénieur devrait permettre de comprendre quelque chose, régler une question, résoudre un problème. Donc l'ingénieur devrait prendre le temps pour mieux poser/identifier le vrai problème, et le clarifier avec autant de détails nécessaires.
Hypothèses	Tous les raisonnements d'ingénieur au fond, sont basés sur des hypothèses simplificatrices. Ainsi, face à un problème, l'ingénieur devrait identifier et justifier les hypothèses pertinentes, évaluer leurs incidences/impacts.
Perspectives/ points de vue	Dans son raisonnement, l'ingénieur devrait avoir un point de vue, qui doit être bien justifié et pertinent ; être impartial, considérer et critiquer les points de vue contradictoires avec de bons arguments justifiés.
Données	Tout raisonnement d'ingénieur devrait s'appuyer sur des données, d'informations mesurables/non mesurables, et des faits vérifiés. Toutes ces données, quel que soient leurs types, devraient être viables, fiables, pertinentes, exactes, claires, suffisantes en l'égard du contexte, de la situation.
Concepts/théories	Tout raisonnement d'ingénieur devrait s'appuyer et prendre véritable forme grâce aux concepts clés et théories pertinentes clairement expliquées, et utilisées/appliquées avec soin et précision.
Inférences interprétations	Les inférences et interprétations cohérentes et bien justifiées permettent d'élaborer des conclusions et donner un véritable sens au travail de l'ingénieur.
Implications et conséquences	Tout raisonnement et toute décision en ingénierie aura des implications directes/indirectes, positives ou négatives, à la fois sur divers volets techniques, économiques, sociaux, environnementaux, financiers, et même politiques qu'il faudrait en tenir compte.

Tableau 4 : Composantes clés d'un bon raisonnement (Adapté de Paul et al., 2013 ; Niewoehner, 2006)

3.1.3 PRINCIPALES NORMES INTELLECTUELLES UTILES EN INGÉNIERIE

Le raisonnement d'ingénieur s'appuie lui aussi sur des normes intellectuelles universelles, nous présentons ici les plus utiles :

Clarté	Si un énoncé manque de clarté, l'on ne peut déterminer son exactitude ni sa pertinence
Exactitude	Un raisonnement de qualité doit être dépourvu d'erreurs, de fautes, de distorsions
Précision	Il est important dans certains cas de démontrer avec autant d'exactitude que nécessaire et de fournir plusieurs détails nécessaires
Pertinence	Le raisonnement doit être en rapport avec l'objet/le sujet concerné et les éléments importants doivent être présentés sans assez de détails inutiles
Profondeur	L'ingénieur doit aller en profondeur dans son raisonnement en analysant la complexité, plusieurs interactions, faire une analyse approfondie
Exhaustivité	Doit englober plusieurs points de vue même contradictoires mais en relation avec les faits
Logique	La réflexion est logique lorsque les conclusions respectent les données, les propositions et hypothèses de départ
Impartialité	Les décisions/conclusions doivent être justifiables et sans partis pris
Ethique et professionnalisme	Le travail de l'ingénieur a de grosses implications sur toute la planète, et cela exige un grand niveau d'éthique et de professionnalisme.

Tableau 5 : Principales normes intellectuelles utiles en ingénierie
(Adapté de Paul et al., 2013 ; Niewoehner, 2006)

3.2 PARTICULARITÉ DE L'INGÉNIERIE

Il existe un chevauchement entre les sciences et la pratique de l'ingénieur : car en ingénierie, on applique les sciences. Les deux pratiques reposent sur une observation précise des choses et des phénomènes. Toutes deux utilisent des critères mathématiques et de classification pour analyser et communiquer des observations. Les scientifiques essaient de comprendre la nature, alors que les ingénieurs essaient de faire des pensées qui n'existent pas dans la nature.

L'une des différences fondamentales entre une approche d'ingénierie et d'autres approches scientifiques ou artistiques est le besoin impératif qu'ont les ingénieurs de mettre en œuvre physiquement la solution dans un processus ou une réalisation physique. Les ingénieurs regardent le monde et constatent que tout repose sur une base mathématique et physique sous-jacente. Ils peuvent comprendre et modéliser notre monde en utilisant de nombreux outils parmi lesquels l'analyse quantitative. Les ingénieurs sont orientés vers les solutions. Ils sont comme des enfants : ils pensent, agissent et créent comme des enfants visionnaires,

curieux, novateurs, simples, précis et logiques. Les ingénieurs doivent penser à la praticabilité, à l'utilité, à l'accessibilité et à bien d'autres encore concernant leur produit; s'identifiant en tant qu'utilisateurs. Les ingénieurs travaillent sous des contraintes liées à la nécessité de produire un produit ou un service rapide, compétitif, fiable, conforme à la philosophie et aux contraintes financières. Les ingénieurs sont axés sur les résultats et le détail de la solution d'ingénierie pour un produit, processus ou service nécessaire est toujours déterminé en équilibrant les effets concurrents pour obtenir une réponse optimale sous réserve des contraintes imposées .

3.3 COMPÉTENCES ET APTITUDES NÉCESSAIRES

Figure 22 : Deux ingénieurs en fonction

Les organisations n'en veulent plus des ingénieurs même assez brillants qui soient limités à leurs savoirs ou savoir-faire techniques, les entreprises accordent parfois plus d'importance au savoir être telles que l'étiquette professionnelle, les pratiques éthiques, les valeurs individuelles, etc. Pour être apte, un ingénieur devrait alors posséder un ensemble de savoir, savoir-être et savoir-faire. Le tableau suivant résume les principales compétences recherchées chez les ingénieurs (Kaushal, 2016 ;Sheppard et al., 2006 ; OIQ, 2008 ; Riemer, 2007 ; Tomorrow's Engineers, 2018) :

Savoir (Connaissances/ Sciences)	Culture générale
	Connaissances scientifiques et mathématiques
	Connaissances techniques et technologiques
	Connaissances économiques et financières
	Connaissances environnementales, légales, sociales, humaines, linguistiques et culturelles
Savoir-être	Ethique et professionnalisme : Bonne conduite personnelle, interpersonnelle, organisationnelle, civique et sociale
	Valeurs fortes et pertinentes
	Discipline et rigueur
	Courage, dynamisme, adaptation/flexibilité/polyvalence, winning attitude et résilience
	Esprit critique, esprit de synthèse et ouverture d'esprit/ curiosité
	Intelligence émotionnelle, sociale, culturelle et organisationnelle
	Esprit d'équipe
Savoir-faire	Aptitudes pratiques, techniques et créatives
	Organisation, planification et gestion du temps
	Bonne capacité d'analyse (compétences analytiques), de critique et de synthèse
	Compétences communicationnelles
	Résolution de problèmes et prises de décision
	Leadership et management
	Conduite et gestion approfondie de projets
	Maitrise des risques et gestion de la qualité
	Aptitudes de recherche
	Négociation, argumentation et raisonnement pointilleux, concis et précis
	apprentissage tout au long de la vie

Tableau 6 : Compétences clés en ingénierie

Certaines de ces compétences sont plus importantes dans un contexte industriel particulier que d'autres. Il est important de développer les compétences prioritaires à sa filière et à ses options/choix de carrières pendant ses études d'ingénieur, et même après grâce à la formation continue ou en alternance afin d'être professionnellement à jour et plus compétitif sur le marché local et international de l'emploi.

L'Ecole d'ingénieur demeure de nos jours l'une des voies les plus fiables pour intégrer cette profession. Il existe une multitude d'écoles d'ingénierie publiques et privées dans le monde entier. Les exigences, filières et cursus universitaires sont parfois très différents. La formation d'ingénieur s'appuie sur l'acquisition des connaissances scientifiques et techniques très solides, ainsi qu'un développement de compétences et de savoir-faire professionnels, ainsi qu'une sensibilisation aux responsabilités du métier.

4 OÙ SE FORMER ?

4.1 FORMATIONS

Figure 23 : Des jeunes étudiants en séance de travaux pratiques dans un laboratoire de sciences

Pour chercher une école d'ingénieur où se former, les critères devraient incorporer plusieurs préférences (Baine, 2015) et faire un pareil choix est parfois assez difficile. De nos jours, les écoles d'ingénierie ne font que se multiplier. Les côtés fâcheux/avantageux seront fonctions de vos propres critères et aspirations personnelles. Voici quelques indicateurs importants à examiner avant de choisir une école (Baine, 2015 ; Aydin, 2015 ; Education Corner, 2018 ; Moothy et al., 2014) :

- **La réputation/classement de l'école**
  Les universités sont classées par diverses organisations qui examinent différents aspects, tels que la qualité de l'enseignement ou l'expérience des étudiants.
  Pour en savoir plus voir : https://www.universityrankings.ch/
- **La Relation entre les industries (employeurs) et l'école**
  L'ingénierie a un bon lien avec l'industrie. Il est généralement préférable de trouver des universités en partenariat avec des entreprises. Et ces entreprises/organisations professionnelles devraient être fortement impliqués dans la formation des ingénieurs.
- **La structure du programme et son adéquation avec le futur et les besoins du monde industriel/professionnel**

Il sera préférable de recueillir plus d'informations sur le diplôme universitaire :

- comment le diplôme est enseigné
- éléments pratiques du diplôme
- sujets / matières couvertes par le diplôme

- **La localisation géographique**
  La plupart des étudiants aimeraient rester près de chez eux ou non. L'emplacement géographique peut avoir un impact important sur l'expérience académique globale. En plus de la distance du domicile, l'emplacement fait référence au climat et au type d'industrie dans les environs.
- **La faculté**
  Une faculté forte facilite l'obtention d'une bonne éducation. Les membres du corps professoral peuvent apporter de nombreuses expériences et expertises à leurs cours.
- **la taille de l'école**
  La taille de l'école est importante pour certains étudiants universitaires. Les grandes écoles offrent une plus grande diversité de personnes et d'activités, mais manquent souvent de professeurs. Les interactions entre les élèves des petites écoles peuvent être plus stimulantes. Vous pouvez recevoir une excellente éducation dans les grandes et les petites écoles. Les grandes écoles ont généralement plus de ressources, ce qui peut inclure les installations du campus (logements, bibliothèques, accès à un ordinateur,

centres de santé, installations de sport, culture et loisirs). Elles ont tendance à avoir un gros budget à investir dans les facultés, les salles de classe, la technologie et les laboratoires scientifiques. Elles fournissent également plus d'options académiques. Il est également important de juger de la taille de l'école dans son contexte.

- **L'accréditation/L'habilitation**
  Une école est accréditée lorsqu'une organisation officielle agréée l'a examinée et l'a révisée pour vérifier qu'elle répond aux critères de base de l'enseignement. Une école peut être accréditée au niveau national / régional / international. Les organisations comme l'ABET, la CTI, l'ENAEE peuvent accréditer/habiliter des programmes d'ingénieurs.
- **potentiel de commercialisation du diplôme et possibilités d'emploi**
- **coûts globaux**
  Le coût de la participation peut être un facteur critique. Il existe de nombreuses options en matière d'éducation et elles nécessitent souvent un investissement financier considérable, mais certaines pourraient vous endetter. Les institutions publiques sont généralement moins chères que les institutions privées. Mais il existe de nombreuses façons, comme des bourses d'études pour financer vos études, que vous pouvez vérifier pour les universités présélectionnées.
- **critères d'admission**
  Certaines écoles/universités sont très sélectives et strictes, et les critères d'admission ne sont pas toujours les mêmes et peuvent êtres rudes, très contraignantes.
- **facteurs personnels**
  Parmi les facteurs personnels on peut citer votre propre opinion, la distance par rapport à la maison, les opinions de la famille et des amis ainsi que leurs recommandations, la qualité de la vie sociale dans l'établissement de formation, impressions des anciens étudiants, etc.
  Le choix d'une école d'ingénieurs est une mission gigantesque qui doit tenir compte de nombreux facteurs. Les étudiants doivent prendre suffisamment de temps, car cette étape est très importante pour leur future carrière. Ils doivent peser soigneusement tous les facteurs principaux avant de prendre une décision éclairée.
  Possibilité après son diplôme de se spécialiser ou de suivre d'autres formations/certifications en plus pour être prêt et mieux outillé suivant les aspirations professionnelles.

4.2 DEUX IMPORTANTES ORGANISATIONS D'ACCRÉDITATION DANS LE MONDE : L'ENAEE ET LA CTI

Dans cette partie, nous présentons deux principales organisations d'accréditation des titres d'ingénieurs dans le monde :

4.2.1 L'ENAEE (EUROPEAN NETWORK FOR ACCREDITATION OF ENGINEERING EDUCATION, HTTP://WWW.ENAEE.EU/)

Elle autorise les agences d'assurance qualité et d'accréditation au sein de l'Espace européen de l'enseignement supérieur (http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid56043/presentation-de-l-e.e.e.s.html) et attribue le label EUR-ACE aux programmes menant à un diplôme d'ingénieur.

Le label EUR-ACE (http://www.enaee.eu/accredited-engineering-courses-html/) est un certificat délivré par une agence agréée à un programme menant à un diplôme d'ingénieur qui a atteint certaines normes éducatives.

L'ENAEE a plusieurs agences (ENAEE,2012) :

- ASIIN(https://www.asiin.de/en/home.html)–en Allemagne
- CTI-Comission des titres d'ingénieur (https://www.cti-commission.fr/), France
- Engineering Council UK (https://www.engc.org.uk/)
- Engineers Ireland (https://www.engineersireland.ie/home.aspx)
- Ordem dos Engenheiros(http://www.ordemengenheiros.pt/pt/), au Portugal
- AEER (http://www.aeer.ru/en/) –en Russie.
- MÜDEK (http://www.mudek.org.tr) – en Turquie
- ARACIS (http://www.aracis.ro/) – en Roumanie
- QUACING (quacing.it) – en Italie
- KAUT (http://www.kaut.agh.edu.pl/en) – en Pologne
- AAQ (http://aaq.ch/) – en Suisse
- ANECA (http://www.aneca.es/ANECA) – en Espagne
- FINEEC (https://karvi.fi/en/fineec/)– en Finlande

4.2.2 LA CTI (COMMISSION DES TITRES D'INGÉNIEUR)

La CTI est un organisme indépendant chargé par la loi française depuis 1934 d'évaluer toutes les formations d'ingénieur, de développer la qualité des formations, de promouvoir le tire et le métier d'ingénieur en France et à l'étranger (CTI,s.d.).

Ses missions comprennent (CTI, s.d.) :

- L'évaluation périodique de toutes les formations d'ingénieur sur le territoire français en vue de leur accréditation
- A la demande, l'évaluation des formations d'ingénieurs d'établissements étrangers
- La définition du profil générique de l'ingénieur et l'élaboration des critères et procédures nécessaires à la délivrance du titre d'ingénieur
- La formulation d'avis sur toutes questions concernant les titres d'ingénieurs diplômés
- Le développement d'une culture d'assurance qualité au sein des écoles d'ingénieurs
- Etc.

Selon la CTI (2017), il existe des indicateurs informels de qualité dans la formation d'ingénieurs :

1) la qualité et l'impact des diplômés de l'université, tels que leur employabilité, leur progression de carrière ou leur impact sur la société / l'industrie
2) Le «delta» ajouté aux étudiants pendant leurs études, en prenant en compte l'apprentissage de l'étudiant ou sa «valeur ajoutée» lors de l'obtention du diplôme
3) La capacité de l'institution à dispenser une éducation de classe mondiale comme en témoigne
    - son engagement institutionnel pour l'éducation
    - sa culture éducative
    - son influence sur la pratique ailleurs

5 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

En résumé, l'**ingénierie** consiste à maitriser les sciences et mathématiques, et les mettre en pratique avec rigueur, afin d'élaborer des solutions originales qui répondent aux problèmes/besoins des hommes. La place de l'ingénieur dans la société n'est qu'une évidence de par son rôle dans l'industrie et son implication avec acharnement dans le développement technologique depuis l'antiquité jusqu'aux temps contemporains.

Le métier d'ingénieur demeure assez stimulant avec ses nombreux défis comme ceux identifiés par l'Académie Nationale de l'Ingénierie Américaine NAE en 2008 (Sussan, 2008). L'ingénierie est en train de développer également ses propres théories et continue à révolutionner notre société avec assez de percées technologiques.

Pratiquer l'ingénierie est un gros atout de par les salaires assez attrayants, le prestige, l'impact sociétal, les opportunités, et la fierté qui en découlent. Mais certains jeunes étudiants peuvent trouver ce métier parfois stressant et réservé car il demande beaucoup d'efforts et de courage (Becker, 2010).

L'ingénierie est en train de laisser ses empreintes partout :

- Dans l'agriculture ;
- Dans le transport : maritime, aérien, terrestre, spatial ;
- Dans l'architecture et les constructions ;
- Dans la médecine ;
- Dans la sécurité incendie ;
- Dans les télécommunications ;
- …
- Et même en finances.

Et les filières d'ingénieurs sont toujours en pleine expansion. Le métier d'ingénieur offre de nombreux débouchés dans tous les secteurs d'activités publiques et privés.

La pratique efficiente du métier d'ingénieur exige un bon raisonnement fondé sur des qualités intellectuelles exemplaires, dignes de valeur ; sur une structuration du raisonnement (objectivité ; identification du contexte, des hypothèses, des perspectives ; collecte des données ; usage des théories adaptées ; examen des interprétations et des implications) ; et sur des normes intellectuelles assez pertinentes comme l'éthique et le professionnalisme. Les ingénieurs doivent se battre pour mettre en œuvre leurs solutions dans un processus ou une réalisation physique : ils doivent être orientés solutions.

Pour mieux exercer leur profession, ils doivent développer des savoirs, des savoir-être, et des savoir-faire adaptés comme à l'instar des compétences techniques et technologiques poussées, une bonne culture générale, la discipline et la rigueur, etc.

Les écoles d'ingénieurs demeurent l'une des voies privilégiées d'accès au métier. Et des critères importants doivent être pris en compte dans le choix de l'école comme la réputation de celle-ci ; la structure du programme ; la faculté ; les critères d'admission et surtout l'accréditation.

A cet effet, plusieurs organismes d'accréditation comme la CTI se battent au jour le jour, pour veiller à l'assurance qualité des formations. Les Etats doivent veiller à la qualité des formations délivrées dans leurs écoles d'ingénieurs, et les conditions d'octroi de diplômes.

Les jeunes aspirant au métier d'ingénieur doivent continuer à développer leurs compétences en mathématiques, sciences et techniques ; doivent rester ouvert d'esprit ; bien choisir leurs écoles et filières de formation ; nourrir cette passion afin d'être et resté engagés, motivés pour une profession tellement enrichissante et stimulante.

Les ingénieurs déjà en exercice doivent mettre à jour en permanence les connaissances théoriques mathématiques, scientifiques, techniques et technologiques propres à leurs activités soit en formation continue ou en alternance, afin de demeurer compétitifs/aptes; doivent également se conduire et fournir plus d'impact positifs afin de maintenir le prestige du métier ; doivent aussi soigner la qualité de leur démarche/raisonnement grâce aux outils, à la méthodologie et aux normes intellectuelles suggérées ; doivent le plus souvent faire preuve de créativité et d'originalité : c'est ça du génie !

Les institutions formatrices devraient développer un cadre approprié et adapté ; apporter les ressources nécessaires et adéquates ; développer les compétences essentielles suggérées, chez leurs étudiants sans toutefois se limiter aux savoirs mathématiques, scientifiques et techniques ; veiller à l'accréditation et à l'assurance qualité des formations dispensées ; pousser les étudiants à raisonner comme des ingénieurs avec autant des cas assez pratiques et réels ; intégrer les besoins(régionaux et internationaux) de la société et de l'industrie dans l'élaboration de leurs contenus d'enseignement ; et le plus important : elles doivent s'améliorer en continue et s'adapter très vite au changement.

6 RÉFÉRENCES

1) Alasken, E. W. (2015). The Relationship between Engineers and Society: is it currently fulfilling its potential? *Journal and Proceedings of the Royal Society of New South Wales*, vol. 148, nos. 455 & 456, pp. 28-43.
2) Armytage, W. H. G. (1976). *A Social History of Engineering*. London: Faber and Faber.
3) Aydin, O. T. (2015). *University Choice Process: A Literature Review on Models and Factors Affecting the Process* .Repéré à http://www.yuksekogretim.org/Port_Doc/YOD_2015002/YOD_2015002006.pdf
4) Baine, C. (2015). *A comprehensive guide to career decisions in engineering: is there an engineer in you.* Repéré à http://www.engr.iupui.edu/infofor/future-students/_documents/ITAEIY4th2014IUPUI.pdf
5) Becker, F. S. (2010).Why don't young people want to become engineers? Rational reasons for disappointing decisions, *European Journal of Engineering Education*, 35: 4, 349 — 36
6) Benvenuto, E. (1991). *An Introduction to the History of Structural Mechanics*. New York: Springer-Verlag.
7) Booker, P. J. (1963.) *A History of Engineering Drawing*. London: Northgate.
8) Buchanan, R. A. (1985). The rise of scientific engineering in Britain. *British Journal for the History of Science*, 18: 218-33.
9) Burstall, A. F. (1963). *A History of Mechanical Engineering*. London: Faber and Faber.
10) Calvert, M. A. (1967). *The Mechanical Engineer in America, 1830-1910.* Baltimore, MD: John Hopkins Press.
11) Cooke, M. L. (1922). Ethics and the Engineering Profession. *The Annals of the American Academy of Political and Social Science, 101*, 68-72. Repéré à http://www.jstor.org/stable/1014588
12) Creating Technology (s.d.). *History of Engineering*. Repéré à http://creatingtechnology.org/history.htm .
13) Crozet, F. (1985). *The First Industrialists: The Problems of Origins*. New York: Cambridge University Press.
14) CTI (s.d.). *Histoires et missions de la CTI.* Repéré à https://www.cti-commission.fr/la-cti/histoire-et-missions
15) CTI (2017). *The global state-of-the-art in engineering education Outcomes of Phase 1 benchmarking study.* Repéré à https://www.cti-commission.fr/wp-content/uploads/2017/10/Phase-1-engineering-education-benchmarking-study-2017.pdf
16) Davidson, C. I. (2010). Preparing future engineers for challenges of the 21st century: Sustainable engineering. *Journal of Cleaner Production,* 18, 698-701. Repéré à https://pdfs.semanticscholar.org/4b73/a605a28969c79a89f96bc13cc1db8499ac9f.pdf

17) Education Corner (2018). *Factors to consider when choosing a college or university.* Repéré à https://www.educationcorner.com/factors-choosing-a-college.html
18) ENAEE (2012). *About ENAEE.* Repéré à http://www.enaee.eu/accredited-engineering-degrees/
19) Engineers Australia (2018). *What is engineering?* Reperé à https://www.engineersaustralia.org.au/For-Students-And-Educators/Engineering-Careers/What-Is-Engineering
20) Flond, R. (1976). *The British Machine-tool industry: 1850-1914.* New York: Cambridge University Press.
21) Fuchs, W. et Bochar, D. (s. d.). *The Global Responsibility of Engineers in the 21st Century – Challenges for the Engineering Education*. Repéré à https://www.feani.org/sites/default/files/DW32_FEANI_v3.pdf
22) Gray, A. (2016). The 10 skills you need to thrive in the Fourth Industrial Revolution. *World Economic Forum.* Repéré à https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-10-skills-you-need-to-thrive-in-the-fourth-industrial-revolution/
23) Kazi A. A., Nimra S. et Nawaz A. (2017).» Factors Influencing Students' Career Choices: Empirical Evidence from Business Students ", *Journal of Southeast Asian Research,* DOI: 10.5171/2017.718849Lawler, R. (2013). *Engineering in Society.*(2nd ed.). Repéré à https://www.raeng.org.uk/publications/reports/engineering-in-society

24) Kaushal, U. (2016). Empowering engineering students through employability skills. *Higher Learning Research Communications*, 6(4).
25) Mayr, O. (1970). *The Origins of Feedback Control*. Cambridge: MIT Press.
26) Mayr, O. (1971). Adam Smith and Concepts of Feedback System. *Technology and Culture*, 12: 1-22.
27) Moorthy, M.B.K. ,Mahendran,P. et Saravanan,S. (2014). Impact of Choice Factors On Selection Of Engineering Institution In India. *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management*,3(5), pp.28-35. Repéré à http://www.ijaiem.org/volume3issue5/IJAIEM-2014-05-05-013.pdf
28) Moss, M. S, et Hume, J. R. (1977). *Workshop of the British Empire: Engineering and Shipbuilding in the West of Scotland*. London: Heinemann.
29) Musson, A. E. et Robinson, E. (1969). *Science and Technology in the Industrial Revolution.* Toronto: University of Toronto Press.
30) National Academy of Engineering (2018). *NAE Grand Challenges for Engineering.* Repéré à http://www.engineeringchallenges.org/challenges.aspx
31) Nichols, S. P. et Weldon, W. F.(s.d.) Professional responsibility: the role of engineering in society. Repéré à http://www.me.utexas.edu/~srdesign/paper/
32) Niewoehner, R. (2006). A Critical Thinking Model for Engineering. *2nd International CDIO Conference, USA.* Repéré à http://www.cdio.org/files/document/file/Niewoehner.pdf
33) OIQ (2008). Dossier Développement des connaissances. *La Revue de l'Ordre des Ingénieurs du Québec,* Juin-Juillet 2008. Repéré à https://www.oiq.qc.ca/Documents/DCAP/Archives_Plan/2008/2008_05.pdf
34) Paul, R., Niewoehner, R. et Elder, L. (2013). *The Thinker's Guide to Engineering Reasoning.* (2nd ed.).Carlifornia: Foundation for Critical Thinking.
35) Peters, T. F. (1987). *Transitions in Engineering*. Basil: Birkhäuser Verlag.
36) Rae, J. B. et Volti, R. (1993). *The Engineer in History*. New York: Peter Lang.
37) Riemer, M. J. (2007). Communication Skills for the 21st Century Engineer. *Global Journal of Engineering Education,*11(1), 89-100. Repéré à https://www.researchgate.net/publication/299507876_Communication_Skills_for_the_21st_Century_Engineer
38) Rolt, L. T. C. (1965). *A Short History of Machine Tools*. Cambridge: MIT Press.
39) Royal Academy of Engineering (2018). *What is engineering?* Repéré à https://www.raeng.org.uk/education/what-is-engineering
40) Samavedham, L. et Ragupathi, K. (2008). Facilitating 21st century skills in engineering students. *The Journal of Engineering Education*. 1. 96-97. Repéré à https://www.researchgate.net/publication/285599694_Facilitating_21st_century_skills_in_engineering_students
41) Sheppard, S., Colby, A., Macatangay, K. et Sullivan, W. (2006). What is Engineering Practice ? *Int. J. Engng,* 22(3), pp. 429-438.
42) Straub, H. (1952). *A History of Civil Engineering*. Cambridge, MA: MIT Press.

43) Sussan, R. (2008). *Les quatorze grands défis de l'ingénierie de demain.* Repéré à http://www.internetactu.net/2008/02/25/les-quatorze-grands-defis-de-lingenierie-de-demain/

44) Tarek, A. T. (s. d.). *Introduction to Engineering.* Philadelphia University. Repéré à http://www.philadelphia.edu.jo/academics/ttutunji/uploads/History.pdf

45) Tomorrow's Engineers (2018). *Make a difference to the world: engineering at the university.* Repéré à https://www.tomorrowsengineers.org.uk/media/1660/te-engineering-at-university-booklet.pdf

46) UNESCO (2010). *Engineering: Issues Challenges and Opportunities for Development.* Repéré à http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001897/189753e.pdf

47) University of Maine (2018). *What is engineering?* Repéré à https://engineering.umaine.edu/what-is-engineering/

48) [University of New South Wales (2018). *What is engineering ?* Repéré à https://www.engineering.unsw.edu.au/about-us/what-is-engineering

49) Whisker, J. B. (1997). *The United States Armory at Springfield: 1795-1865*. Lewiston, UK: Edwin Mellen Press.

50) Woodbury, R. S. (1972). *Studies in the History of Machine Tools*. Cambridge: MIT Press.