

PROCESSUS DE RÉALISATION D'UN PROJET EN INGÉNIERIE

Ce document présente une analyse du processus de réalisation d'un projet en ingénierie. La compréhension de ce processus est essentielle à une révision de la *Loi sur les ingénieurs* reconnaissant adéquatement la place des technologues professionnels dans le domaine de l'ingénierie.

D'entrée de jeu, il convient de faire un rappel des constats qui devraient orienter la modification de la Loi. Notons que ces constats sur la pratique de l'ingénierie moderne ont également été faits ailleurs au Canada. Vous pourrez le constater en consultant, en annexe, une série de tableaux réalisés par John O'Grady (Prism Economics and Analysis) intitulée "Trends in Engineering: Challenges for Colleges, Universities, Associations and Governments".

- ***La Loi doit refléter la pratique de l'ingénierie moderne et constituer un cadre suffisamment souple pour faciliter l'adoption de pratiques adaptées à la vitesse des cycles de changements technologiques.***

À toutes les étapes d'un projet en ingénierie, le travail s'effectue en équipes multidisciplinaires comprenant différents professionnels tels des ingénieurs, des technologues professionnels, des chimistes, des ingénieurs forestiers, des agronomes ou autres.

Quant aux cycles de changements technologiques, ils sont de plus en plus courts. Ainsi, l'apprentissage de nouveaux logiciels et des divers langages de programmation font partie intégrante du quotidien de tous les professionnels travaillant dans les secteurs de haute technologie ou intégrant les technologies de l'information. On estime maintenant que ce cycle est d'environ trois ans¹.

De plus, de nouveaux outils informatiques automatisent certains aspects du travail d'ingénierie, facilitant les calculs et la sélection des éléments qui doivent composer un projet. Conséquemment, la part d'ingénierie d'application dans la réalisation de projets est augmentée.

¹ "L'économie du troisième millénaire : mondialisation et accroissement de la vitesse du changement", conférence présentée par Monsieur Alain Paquet dans le cadre du Congrès de l'Ordre des technologues professionnels du Québec "Développer les ressources technologiques du Québec-2001", Sainte-Foy, septembre 2000.

Les changements technologiques, combinés à la variété des compétences détenues par les différents professionnels impliqués dans ce segment important de l'économie du savoir, entraînent des modifications dans l'organisation du travail. On délaisse les structures de commande hiérarchique traditionnelles au profit du travail en réseaux entre professionnels autonomes. Les diverses responsabilités d'un projet sont attribuées sur la base de l'expertise de chacun et en fonction de la nature des mandats. Le travail à distance ou en sous-traitance est de plus en plus fréquent.

- ***La protection du public passe par l'identification du ou des professionnels ayant conçu, vérifié et approuvé les documents et plans relatifs à un projet et ayant mis en œuvre ce projet.***

Selon la pratique actuelle, le client utilisateur du service ou des plans d'ingénierie n'est pas en mesure d'identifier le professionnel qui a réellement effectué le travail.

D'une part, l'entreprise ou la firme de consultants choisit d'assumer la responsabilité pour tous les travaux effectués par les professionnels et les employés à son embauche. D'autre part, un ingénieur responsable au niveau administratif signe et scelle tous les plans produits par l'entreprise ou la firme.

Or, la seule vérification des heures travaillées sur un projet montre que ce sont les technologues qui effectuent tout le travail en ingénierie d'application. Ils ne sont pourtant identifiés nulle part.

Il est essentiel que ces professionnels soient identifiés. Lorsqu'ils ne le sont pas, tant les exigences de protection du public que celles de "traçabilité", inhérentes à tous les processus qualité ISO, ne sont pas respectées. Des clients se retrouvent alors incapables de retracer le professionnel connaissant leur dossier lorsque, après quelques mois ou années de mise en service, ils désirent assurer un suivi ou apporter des modifications au projet.

De plus, faisant partie du système professionnel, le technologue professionnel a non seulement le droit mais surtout le devoir de signer et sceller les travaux qu'il prépare personnellement ou qui sont préparés sous sa direction et sa surveillance immédiates, engageant ainsi pleinement sa responsabilité professionnelle.

Enfin, la reconnaissance de la valeur des technologues professionnels sur le marché est liée à l'expertise qu'ils ont su développer au cours de leur carrière. Empêchés de s'identifier sur les documents et travaux qu'ils préparent, ils sont placés dans une situation où ils ne peuvent faire la preuve de cette expertise. La législation actuelle porte en quelque sorte atteinte à leur droit d'auteur.

- ***La Loi doit s'inscrire dans un contexte d'échanges de services professionnels au niveau mondial. Les ententes internationales en matière de mobilité de la main-d'œuvre de même que les normes ISO 17024 applicables aux organismes d'accréditation professionnelle sont des éléments incontournables.***

Le défaut de reconnaître l'autonomie des professionnels de l'ingénierie est un obstacle à l'obtention de mandats internationaux par les entreprises de consultation dans les domaines du savoir et de l'ingénierie. Il est essentiel pour le développement de l'économie au Québec de mettre en valeur l'expertise de tous les professionnels engagés dans le secteur de l'ingénierie.

Profil des professionnels engagés dans le secteur de l'ingénierie

L'ingénieur

La formation de l'ingénieur, qui détient un baccalauréat, relève de l'ordre d'enseignement supérieur (universitaire). L'objectif de sa formation est de le doter d'un large éventail de connaissances scientifiques lui permettant, en fonction de son champ de pratique et de son secteur d'activité, de transférer ses connaissances et d'apprendre les spécificités relatives à l'ingénierie d'application propre à son secteur.

Par exemple, un ingénieur en mécanique peut œuvrer dans la fabrication de pièces mécaniques de haute précision, en plasturgie, ou en mécanique du bâtiment. Sa formation a comme objectif de le préparer à poursuivre des études à la maîtrise ou au doctorat. Elle lui permet de participer aux recherches visant l'avancement de la science, le développement de nouvelles normes et de nouveaux produits ou la mise au point de nouvelles applications. Tous les secteurs de recherche et de développement profitent de l'apport des ingénieurs : génie biomédical, nanotechnologies, télécommunication, électronique, aéronautique, robotique, etc.

Dans le document d'admission de l'École Polytechnique – Hiver et automne 2001, on peut lire cette citation :

“ Le génie est une profession qui cherche à créer des systèmes, des procédés et des produits nouveaux et améliorés, à servir les besoins de l'être humain tels qu'ils sont exprimés par les gens, la communauté, les gouvernements et l'industrie (...). Son rôle principal est la conception, un art qui fait appel à l'ingéniosité, à l'imagination, aux connaissances, à la compétence, à la discipline et au jugement appuyés par l'expérience ”.²

Le nombre d'années d'expérience nécessaire aux ingénieurs avant de pouvoir exercer en toute autonomie est de deux ans. L'Ordre des ingénieurs estime qu'après deux ans de pratique sous supervision, la protection du public est assurée.

Le technologue professionnel

La formation du technologue professionnel appartient elle aussi à l'ordre d'enseignement supérieur : un diplôme d'enseignement collégial (DEC) d'une durée de trois années. L'objectif de la formation du technologue est de le doter d'une formation en mathématiques et en sciences suffisante pour qu'il puisse comprendre la nature des phénomènes impliqués dans son secteur d'activité et qu'il connaisse les conséquences des choix technologiques qu'il effectue dans le cadre de la réalisation d'un mandat.

Bien que moins approfondie au plan strictement scientifique, la formation est plus spécialisée et ce, par secteur. Ainsi la formation d'un technologue en mécanique du bâtiment est plus poussée et spécifique à la mécanique du bâtiment que la formation d'un ingénieur en mécanique. En contrepartie, elle ne permet pas au technologue une mobilité horizontale aussi large que celle de l'ingénieur. Ainsi, elle ne lui permettra pas de travailler en plasturgie ou en fabrication mécanique, des domaines qui font l'objet d'autres programmes collégiaux.

La formation permet de comprendre les différentes caractéristiques des équipements et des procédés existants et permet d'utiliser les normes et les standards propres au domaine de spécialisation. Ainsi, la formation de technologue permet notamment de concevoir, de faire des plans, d'optimiser des procédés, de choisir les

² “ La recherche en génie dans les universités canadiennes ”, Académie canadienne du génie, novembre 1991.

équipements appropriés afin de répondre aux exigences d'un devis. La formation prépare aussi le technologue à faire les tests, à effectuer l'installation, l'inspection et la réparation d'équipements.

Le nombre d'années d'expérience nécessaire aux technologues avant de pouvoir exercer en toute autonomie est de cinq ans. Compte tenu de la nature particulière de l'ingénierie d'application et de sa complexité, le technologue débutant a besoin d'une certaine période au cours de laquelle il exercera ses activités professionnelles sous la supervision d'un autre professionnel (ingénieur ou technologue professionnel). Cette période lui permet d'acquérir de l'expérience et de se constituer un portfolio varié témoignant des différents aspects de son travail en ingénierie d'application (conception, surveillance, sélection, optimisation, rédaction de spécifications techniques, etc.).

Processus de réalisation d'un projet en ingénierie

Le processus de réalisation d'un projet en ingénierie que nous décrivons s'applique à tous les secteurs de l'activité économique (institutionnel, municipal, commercial, industriel) et à tous les secteurs de l'ingénierie, notamment le génie civil, le génie électrique, le génie mécanique et le génie industriel. Il reflète tant la situation vécue lorsque le service professionnel est rendu à un client externe (institutionnel, commercial, manufacturier ou gouvernemental) que lorsque le service est fourni à l'intérieur d'une entreprise (publique ou privée) ou d'une institution.

La présente section vise à expliquer où se situe la part de travail effectuée par le technologue professionnel et celle effectuée par l'ingénieur au cours du processus d'élaboration d'un projet en ingénierie. Le tableau joint en annexe, qui constitue la contrepartie graphique de cette section, montre très clairement où se situe l'apport de l'un et de l'autre, à toutes les étapes de réalisation d'un projet.

Notons que tous les projets d'ingénierie s'appuient ou font référence à des normes et à des standards établis. Ces normes, utilisées tant par les ingénieurs que les technologues, incluent par exemple le Devis directeur national (DDN), le Code national du bâtiment, le Code électrique, les normes IEEE, ISO, ACNOR, ANSI, ASHRE, NEMA, ASTM, etc.

PREMIÈRE ÉTAPE : L'AVANT-PROJET

Identifier les besoins du client

Dans un premier temps, les besoins du client ou les problèmes qu'il veut résoudre sont identifiés par l'ingénieur.

L'apport du technologue sera de faire des tests, de prendre des mesures, de réaliser des relevés ou de faire des enquêtes et des observations. Les travaux du technologue alimentent les données dont se sert l'ingénieur pour identifier les besoins du client, en fonction des conditions réelles du terrain.

Selon la pratique actuelle, ces tests, relevés et rapports ne sont pas signés et scellés par le professionnel qui les a véritablement réalisés. Pourtant, c'est sur la base des données contenues dans ces documents que les décisions relatives à la sécurité des installations et du public sont prises. Ces documents devraient porter le sceau et la signature de leur auteur, d'autant plus qu'il s'agit d'une obligation que leur impose leur Code de déontologie.

Établir les objectifs

Dans un deuxième temps, il s'agit d'établir les objectifs en prenant en compte le contexte de réalisation du projet, les contraintes environnementales et la nature des produits qui seront utilisés. En équipe multidisciplinaire, un document définissant les différents paramètres à suivre dans le cadre d'un projet sera élaboré (il est souvent appelé " Paramètres de design ").

Identifier les risques et les potentiels de développement

Les risques relatifs à la sécurité des personnes ou à la réussite financière du projet sont identifiés, de même que les risques résiduels qu'il faudra gérer une fois le projet complété. Ce travail se fait en équipe multidisciplinaire. Les risques d'explosion, d'incendie ou d'effondrement sont évalués par l'ingénieur. Il en va de même pour les potentiels de développement qu'offre le projet (par exemple, l'agrandissement, la modification ou le changement de vocation du projet dans le futur).

À cette étape, le technologue peut être appelé à faire des tests, des enquêtes et des observations ou à prendre des mesures et faire des relevés. Les travaux du technologue alimentent les données dont se sert l'ingénieur pour identifier les risques et les potentiels de développement.

Énoncer les recommandations

L'ingénieur est finalement en mesure d'énoncer ses recommandations au client afin que celui-ci puisse prendre une décision éclairée et autorise la poursuite du projet. S'amorce alors l'étape de la confection du devis conceptuel.

DEUXIÈME ÉTAPE : DEVIS CONCEPTUEL

Élaborer le concept général en fonction de la décision du client

Une équipe de projet composée, selon le cas, d'ingénieurs, de chimistes, de biologistes et de technologues étudie le dossier afin de concevoir le devis conceptuel permettant la réalisation du projet selon les besoins du client identifiés à l'étape de l'avant-projet. Cette équipe établira le concept général du projet.

Identifier les normes

Selon le secteur d'activité, l'ingénieur choisira parmi les différentes normes celles qu'il utilisera pour répondre aux contraintes relatives à un projet en particulier. Par exemple, il choisira les sections du Devis directeur national qui s'appliqueront, les aspects du Code national du bâtiment à utiliser ou les normes ISO pertinentes.

Établir les spécifications techniques générales, les calculs préliminaires et les standards de projet

Les spécifications techniques générales encadrant le projet seront définies par les ingénieurs, de même que les dessins typiques de procédé, de mécanique ou d'instrumentation qui encadreront la production de l'ingénierie détaillée de masse. Par exemple, en génie civil, c'est à cette étape que sont faits les calculs de structure d'acier ou de béton. En génie mécanique, on établit les tolérances acceptables. On fait aussi les calculs complexes de résistances des matériaux. En génie des télécommunications, on détermine les standards à utiliser et on choisit les paramètres. En géodésie, on détermine les caractéristiques du sol à partir des analyses effectuées.

Les documents produits à cette étape sont des guides de conception qui seront utilisés pour réaliser l'ingénierie détaillée d'un projet.

À cette étape, le technologue fait des tests, prend des mesures et des relevés qui sont tous plus spécifiques et plus précis, puisqu'ils sont liés au devis conceptuel qui constitue lui-même un document beaucoup plus près du véritable projet à réaliser. Bien que le technologue participe à l'élaboration de documents caractéristiques de cette étape, l'ensemble de ces documents doit être approuvé par un ingénieur.

Enfin, les performances attendues du projet une fois réalisé sont identifiées.

Établir les documents normalisés pour fin de conception de masse

Pour compléter les activités liées à l'ingénierie de conception, des documents normalisés pour fin de conception de masse (ingénierie détaillée) doivent être produits. Vous trouverez à la fin de ce texte une liste de ces devis, documents et dessins normalisés.

TROISIÈME ÉTAPE : DEVIS D'APPLICATION

Au terme de cette étape, le devis d'application sera réalisé et permettra, notamment, d'enclencher le processus d'appel d'offres ou de passer aux aspects contractuels d'un projet. Il s'agit de l'élaboration de ce que l'on appelle " l'ingénierie de détail ".

À cette étape, ce sont principalement les technologues qui effectuent les travaux. Ils travaillent de façon autonome et en relation avec les ingénieurs et les techniciens dessinateurs.

Une fois le devis conceptuel établi (tel que vu à l'étape 2), il faut choisir les équipements, élaborer les plans et réaliser les logigrammes qui respecteront le devis conceptuel. On pense ici, par exemple, à l'élaboration des plans de distribution unifilaire, aux plans de distribution basse et moyenne tension, aux plans d'entrées/sorties des ordinateurs industriels ou d'interface opérateur (systèmes distribués ou automates programmables), aux plans d'architecture des systèmes informatiques ou d'acquisition de données, aux plans d'installation de fibre optique, d'instrumentation et de procédé de détail (P&ID) ou aux plans d'installation et de procédé en mécanique du bâtiment.

Dans tous ces travaux caractéristiques de l'ingénierie d'application, le technologue professionnel ou l'ingénieur devra justifier ses choix et calculs en regard des normes et standards choisis à l'étape de l'élaboration du devis conceptuel. Par exemple, les calculs de charges et de chaleur ou ceux relatifs à la plomberie, à la réfrigération ou à la climatisation pourront être effectués par les technologues en mécanique du bâtiment. La sélection des équipements ou des composantes structurales, tels les revêtements, les matériaux isolants, les transformateurs, les équipements de protection et de sécurité, les moteurs, les pompes ou les ventilateurs, se fait à cette étape-ci.

Ces choix et calculs sont encadrés par les différents devis et spécifications techniques normalisés ainsi que par les différents dessins et autres documents normalisés ou typiques. Ici, personne ne " réinvente la roue " : il s'agit d'utiliser les différents documents et dessins normalisés en les adaptant en fonction des situations rencontrées. Ces choix et calculs n'affectent pas le devis conceptuel.

Si, en raison de contraintes technologiques (inexistence d'équipements répondant aux spécifications) ou techniques (difficulté imprévue survenant sur le chantier), le technologue professionnel doit s'écarter du devis conceptuel, il s'assure d'obtenir l'autorisation d'un ingénieur. L'ingénieur doit alors justifier et approuver le changement.

Tous les plans et documents réalisés à cette étape-ci doivent être vérifiés et approuvés par leur auteur - qu'il soit ingénieur ou technologue professionnel - et porter son sceau.

QUATRIÈME ÉTAPE : MISE EN OEUVRE

Tant l'ingénieur que le technologue professionnel travaillent à la mise en œuvre du projet, à sa réalisation concrète sur le terrain. Parce qu'il est un spécialiste de la réalisation pratique des projets et qu'il connaît bien les équipements et les outils utilisés, à cette étape le technologue professionnel est un intervenant très apprécié qui sait guider les ouvriers spécialisés et régler les problèmes qui surviennent sur le terrain. On retrouve donc les technologues professionnels en grand nombre à cette étape.

Lorsqu'il surveille les travaux, le technologue professionnel s'assure de leur conformité avec le devis d'application et le devis conceptuel. Il approuve tous les dessins d'atelier fournis par les manufacturiers. Il peut approuver des modifications au devis d'application à la condition que ces modifications respectent le devis conceptuel.

La coordination au chantier entre les sous-traitants et les professionnels, les suivis de minutes de chantier, la supervision de la main-d'œuvre et de l'exécution des travaux, la livraison et la mise en place des équipements, le raccordement, la mise en marche, la vérification et les tests sont des tâches que le technologue professionnel accomplit en toute autonomie, tant chez un entrepreneur que lorsqu'il travaille pour une firme d'ingénierie. Il traite également régulièrement avec le client.

À cette étape encore, il est impératif que ce soit le professionnel ayant supervisé le travail qui appose son sceau et sa signature sur les divers documents produits, dont les rapports de conformité des travaux exécutés. Il en est de même de la programmation et de la mise en service des différents équipements et systèmes en respect du devis d'application.

CINQUIÈME ÉTAPE : MISE EN SERVICE

La mise en service est l'étape qui permet de faire le transfert du projet dans sa forme finale et en bon état de fonctionnement au client ou à l'utilisateur, qui saura le faire fonctionner. Cette étape comprend la mise en marche des installations, la formation des utilisateurs, la rédaction des manuels d'instruction, l'apport de correctifs lorsque requis et les ajustements au concept, si nécessaire. Les technologues professionnels et les ingénieurs y travaillent tous deux. Il est essentiel que chacun d'entre eux signe et scelle les rapports de mise en service et les autres documents qu'ils produisent à cette étape.

SIXIÈME ÉTAPE : POST-ÉVALUATION

Le fonctionnement du projet est analysé afin d'évaluer ses performances et de les optimiser. Les technologues professionnels sont particulièrement appréciés en raison de leur expérience pratique et de leurs judicieux conseils. L'amélioration des processus de production est une spécialité des technologues en génie industriel. Tous les travaux d'optimisation d'un procédé ou d'un équipement effectués dans le respect du concept original peuvent être réalisés par un technologue professionnel ou un ingénieur et tous les documents et plans relatifs à cette étape doivent être signés et scellés par leur auteur.

CONCLUSION

Nous avons décrit le processus d'élaboration d'un projet en ingénierie. Bien qu'à l'étape de l'avant-projet et du devis conceptuel les technologues professionnels fournissent un apport essentiel, il s'agit d'étapes qui sont du ressort exclusif de l'ingénieur.

Par contre, les étapes subséquentes (élaboration du devis d'application, mise en œuvre, mise en service et post-évaluation) ne sont réservées en exclusivité à aucun professionnel. L'apport des technologues professionnels au cours de ces étapes est très important. Dans la mesure où le devis conceptuel n'est pas modifié, le technologue professionnel agit à l'intérieur du champ de pratique qui le caractérise. Il peut le faire en toute autonomie.

LISTE DES DOCUMENTS NORMALISÉS POUR FIN DE PRODUCTION DE MASSE

Devis Techniques Normalisés :

- Architecture du système de contrôle.
- Guide de conception des interfaces homme-machine.
- Conception des réseaux et méthodes de configuration.
- Câbles de commande et d'instrumentation.
- Fourniture d'équipement en automatisation.
- Panneaux, boîtiers et armoires d'automatisation.
- Architecture et fourniture des automates programmables (PLC).
- Identification de l'équipement d'automatisation.
- Liste des fabricants d'instrumentation recommandés.
- Systèmes de sécurité : accès et surveillance.
- Alarme incendie.
- Limite de fourniture entre les disciplines automatisation et électricité.
- Limite de fourniture entre les disciplines automatisation et mécanique.
- Limite de fourniture entre les disciplines automatisation et mécanique du bâtiment.
- Équipements d'automatisation fournis avec les équipements mécaniques (OEM).
- Installation des équipements d'automatisation.
- Inspection et essais.
- Architecture et fourniture du système de contrôle et de supervision.
- Guide de configuration du système de contrôle et de supervision.
- Guide de programmation des automates.
- Méthodologie de validation des programmes de contrôle de procédé.

Documents Normalisés (typiques):

- Liste des instruments
- Liste des câbles
- Liste des Entrées/Sorties
- Liste des boîtiers et panneaux
- Liste des réseaux
- Fiches techniques des instruments et autres équipements d'automatisation.

Dessins Normalisés (typiques) :

- Schémas de raccordement typiques de la distribution 120 Vca & 24Vcc.
- Schémas de raccordement typiques des borniers images, cartes d'entrée/sorties.
- Schémas typiques de commande de moteur (démarreurs basse et moyenne tension) et raccordements.
- Dessins de localisation typiques des instruments et équipements d'automatisation.
- Dessins typiques de mise à la terre des systèmes d'automatisation.
- Schémas typiques de réseau.
- Schémas de distribution typiques pour réseau d'alarme et détection incendie.
- Schémas typiques du réseau dorsal d'usine.
- Dessins typiques d'architecture du système de contrôle.
- Schémas de principe pour le câblage et logique à relais des arrêts d'urgence de l'usine.
- Dessins typiques montrant les détails de montage des différents instruments.
- Symboles pour la production de Grafcet (programmation des automates).
- Règles de syntaxe pour la production de Grafcet (programmation des automates).
- Dessins d'agencement typiques de panneaux de contrôle et d'automates.
- Schémas typiques de procédé et d'instrumentation (P&ID).
- Dessins de légendes pour les schémas de procédé et d'instrumentation (instruments).
- Dessins de légendes pour les schémas de procédé et d'instrumentation (équipements mécaniques).

NOTE : Toutes les activités de production des différents devis techniques normalisés, dessins normalisés et autres documents normalisés sont le fruit du travail d'une équipe multidisciplinaire composée d'ingénieurs et de technologues.