

**PROJET DE DEVELOPPEMENT DES PLANS D'ETUDE DE BA ET MA
A LA SECTION DE GENIE MECANIQUE DE L'EPFL**

Nathalie Deschryver*, Bernadette Charlier*, Jean-Marie Fürbringer, Rémy Glardon****

* Université de Fribourg
Didactique Universitaire
Boulevard de Pérolles 90
1700 Fribourg
deschryver.nathalie@gmail.com
bernadette.charlier@unifr.ch

** Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
Section de Génie Mécanique
Station 9
CH-1015 Lausanne
jean-marie.furbringer@epfl.ch
remy.glardon@epfl.ch

Mots-clés : *compétences, acquis d'apprentissage, programme de formation, enseignement supérieur*

Résumé. *Cette contribution présente la démarche et les premiers résultats d'un projet de définition de plans d'études de Bachelor et de Master en termes de compétences à la Section de Génie Mécanique de l'EPFL. Ce projet mené avec le soutien de la CRUS (Conférence des Recteurs des Universités Suisses) est réalisé de manière collaborative avec les enseignants de la section. La première étape a consisté en la réalisation d'une enquête auprès de 30 professionnels afin de connaître les besoins ressentis en matière de connaissances, savoir-faire et attitudes. Les analyses quantitatives et qualitatives ont permis une première formulation des compétences attendues d'un ingénieur mécanicien. Durant la seconde étape, réalisée avec la participation des enseignants, ces compétences ont été précisées et les acquis d'apprentissage correspondants, de même que des situations d'apprentissage et d'évaluation cohérentes, ont été formulés. Outre la description du projet, cette contribution sera l'occasion d'évaluer et de discuter ses enjeux, en particulier, en ce qui concerne l'implication des acteurs.*

1. Introduction

Ce projet de définition des plans d'études de BA et MA en termes de compétences à la Section de Génie Mécanique de l'EPFL s'inscrit dans les démarches actuelles de transformation des curricula de formation, initiées notamment dans le cadre du processus de Bologne.

L'objectif de ce projet est de construire un cadre de référence pour les programmes Bachelor et Master, à partir des compétences attendues de l'ingénieur mécanicien EPFL. Ceci doit permettre entre autres :

- De prendre en compte de manière intégrée toutes les facettes du métier de l'ingénieur mécanicien EPFL : savoirs, savoir-faire, savoir-être ;
- D'assurer la cohérence entre les objectifs de formation, les cours et les évaluations ;
- De créer le cadre nécessaire pour rassembler les enseignants autour du projet commun que constitue la formation d'ingénieurs mécaniciens compétents ;
- De construire une représentation partagée de l'offre de formation ;

- De faciliter l'orientation des étudiants.

Pour assurer le succès de la mise en œuvre de ce nouveau programme, un processus de pilotage et d'amélioration continue a été initié. Il implique l'ensemble des enseignants de la section et il tend à établir une boucle de rétroaction entre les objectifs de formation, la définition des cours, l'enseignement, son évaluation, celle des apprentissages et les attentes de monde professionnel. Etant donné la nature du processus de formation d'un ingénieur (durée pluriannuelle de la formation, grand nombre d'acteurs, étendue, diversité et complexité des attentes) il est impossible d'effectuer un design de programme idéal pour ensuite essayer de le réaliser « à l'aveugle ». Les compétences propres de chacun, les approches spécifiques, la dimension humaine de l'enseignement et de l'apprentissage requièrent une collaboration de tous et une négociation à chaque étape. Le cercle vertueux de Demming (Plan-Do-Check-Act) doit être vu comme un processus continu qui d'année en année doit permettre de spécifier les objectifs, d'affiner les moyens et avec l'aide d'une ingénierie de la formation, faire tendre les diplômés vers l'excellence que l'institution recherche.

Un groupe de travail a d'abord été établi, rassemblant en plus de l'équipe de direction de la section, des enseignants des divers domaines et des ressources externes. A cette équipe sont venues s'ajouter, grâce à l'aide de la CRUS (Conférence des Recteurs des Universités Suisses), deux expertes en Sciences de l'éducation de l'unité Did@ctic l'Université de Fribourg (Prof. B. Charlier, Dr. N. Deschryver). Les étapes du travail sont résumées à la figure 1.

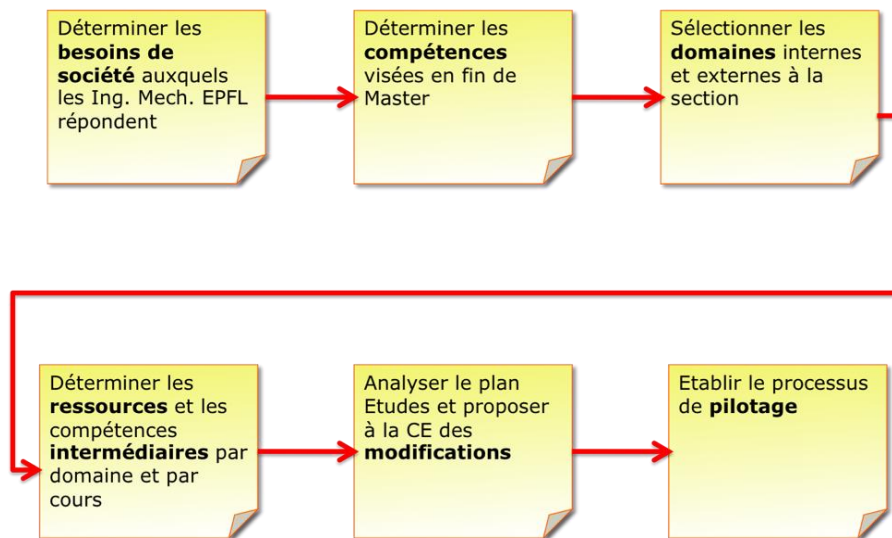


Figure 1 : Etape du de construction du programme

2. Construction à partir des attentes du monde professionnel

2.1 L'enquête

L'étape suivante de détermination des compétences a débuté par la construction de l'instrument d'enquête que devait permettre la détermination des compétences attendues. Les choix et catégorisation effectués dans cette étape sont les suivants :

- Le modèle de compétences est inspiré par l'approche de Le Boterf (2006) et celle de Tardif (1999). Pour Le Boterf, la compétence est l'habileté à mobiliser de manière efficace des ressources intégrées ou matérielles dans le but de répondre aux besoins d'une activité.

- L'espace des ressources intégrées est tridimensionnel avec un axe thématique, un axe décrivant la nature de la ressource et un axe d'approfondissement (Figure 2 :).
- L'axe thématique des savoirs et des savoir-faire contient les catégories standards de nos plans d'études, à savoir: sciences de base, sciences de l'ingénieur, technique et technologie, sujets connexes à l'ingénierie (comptabilité, droit etc...), sciences humaines et sociales.
- L'axe thématique des savoir-être intègre des catégories ad-hoc issues des discussions du groupe de travail, à savoir : éthique, innovation, esprit critique, sens des relations humaines, teamwork.
- L'axe d'approfondissement est inspiré par les travaux de B. Bloom tels qu'ils sont cités dans le BOK2 de l'American Society of Civil Engineers (ASCE, 2008). Pour les savoirs et les savoir-faire, les niveaux de Bloom ont été regroupés deux par deux en trois catégories : (1) savoir et comprendre, (2) appliquer et analyser, (3) synthétiser et évaluer. L'axe d'approfondissement des savoir-être n'a pas été évalué par le questionnaire.
- Le questionnaire évitait soigneusement de questionner sur le contenu des cours, mais se concentrait sur les habiletés attendues. Il demandait systématiquement 3 types d'appréciations : l'importance d'un élément donné, le niveau d'approfondissement requis et une argumentation de la réponse.

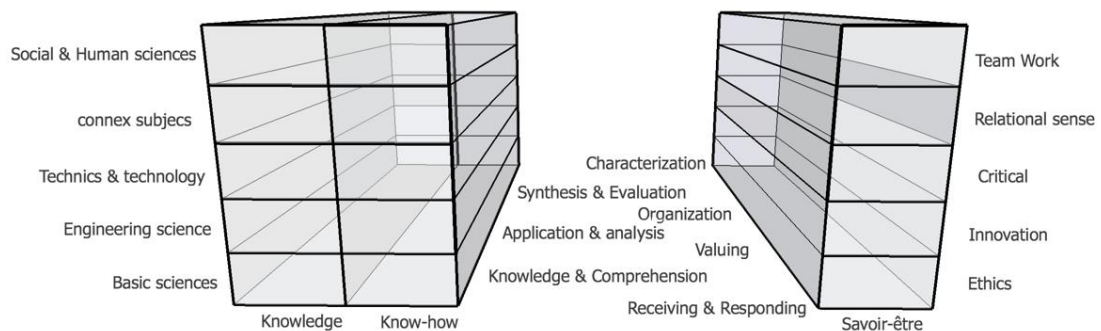


Figure 2 : Modèle utilisé pour l'enquête – structure tridimensionnelle

Le panel a été particulièrement difficile à réunir. Les contacts obtenus auprès des enseignants de la section et auprès de l'A3 (Association des alumni de l'EPFL) se sont révélés soit très biaisés (beaucoup de personnes avec les mêmes caractéristiques) soit non valables (Email non valide). D'autre part, le questionnaire relativement lourd est vraisemblablement aussi responsable de certains refus et défections. Voici un résumé succinct de ce panel :

- Questionnaires: 52 envoyés, 37 reçus
- Genre: 10 femmes, 42 hommes
- Alma mater: 32 EPFL
- Niveau académique: 12 PhD
- Entreprise: 12 PME, 27 grandes entreprises
- Industrie: 19 manufacturières, 3 eau et énergie, 4 transport

2.2 L'analyse quantitative et qualitative

Les données des 37 questionnaires reçus ont été traitées par une description des données quantitatives et une analyse qualitative. L'analyse qualitative a été réalisée avec le logiciel Atlas.ti. Comme précisé plus haut, l'analyse a consisté à un classement des commentaires en catégories. Le premier classement a été réalisé sur base d'une liste de catégories définies après une première lecture des commentaires. Ensuite, certaines données classées dans certaines catégories (Habiletés+connaissances, Connaissances, Qualités, Réalité du métier) ont été reclassées selon le

référentiel de compétences des ingénieurs civils de l'Université Libre de Bruxelles de manière à profiter d'une réflexion déjà menée.

2.2.1 Les résultats quantitatifs

Le savoir et son acquisition sont des éléments considérés comme centraux dans l'éducation en général et en particulier dans la formation universitaire. Le savoir vient cependant en complément d'autres composantes essentielles qui sont acquises et/ou développées durant la formation. La détermination des savoirs à intégrer dans le cursus va permettre de définir les thématiques traitées dans les cours. Le développement exponentiel des connaissances nous oblige à des priorisations parfois drastiques, dans l'idée que certains savoirs laissés de côté par la formation universitaire pourront être acquis par la suite.

La Figure 3 : met en parallèle l'importance et le niveau d'approfondissement recommandés par le panel. Elle montre clairement que la base polytechnique est un élément clé de la formation. En effet,

- Les sciences de base maîtrisées à un niveau d'application sont essentielles ;
- Les sciences de l'ingénieur et la technologie sont attendues à un niveau de maîtrise maximal, avec une importance majeure donnée aux sciences de l'ingénieur (aspect méthodologique) par rapport à la technologie (aspect concret, connaissance de produits et de solutions spécifiques);
- Les sciences humaines et sociales ainsi que la formation connexe sont perçues comme de moindre importance au niveau des savoirs et leur approfondissement recommandé est le niveau savoir-comprendre.

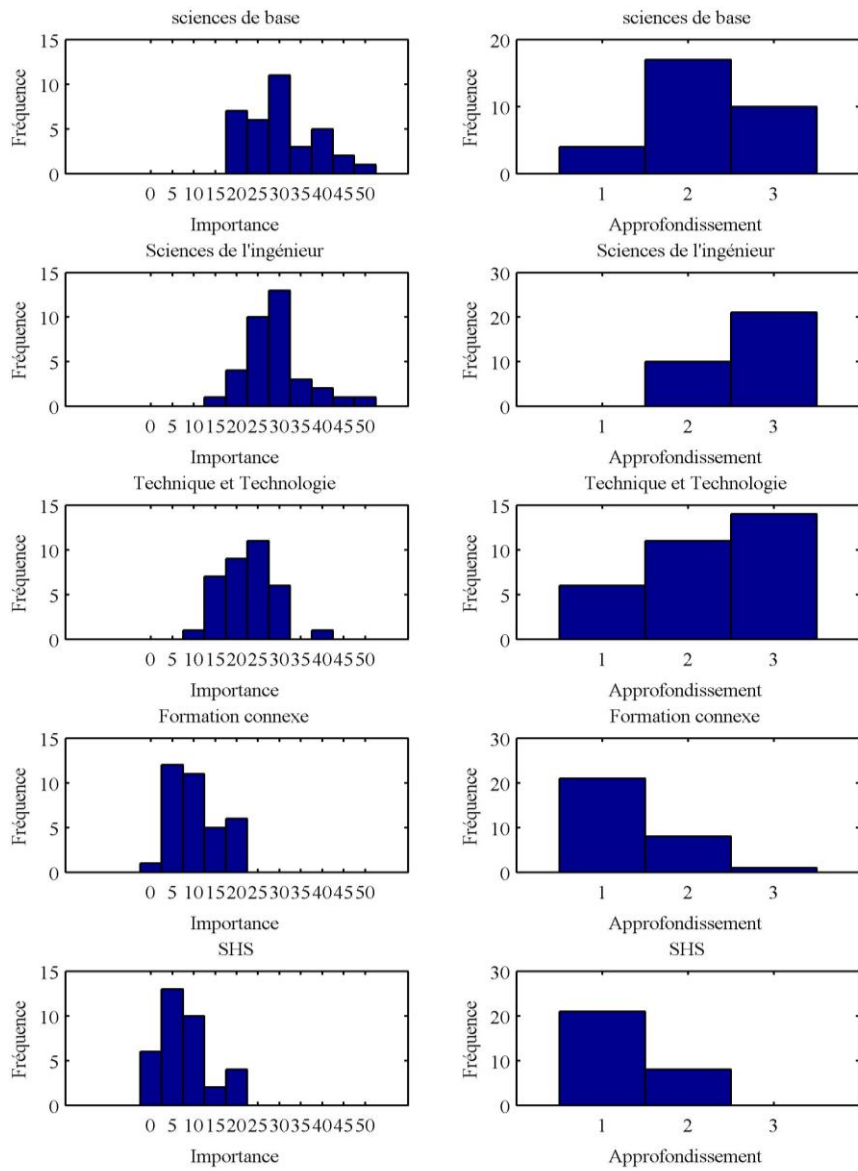


Figure 3 : Reconnaissance de la base polytechnique. A gauche est représenté l'histogramme des opinions au sujet de l'importance des différentes catégories de savoirs ; à droite se trouve l'histogramme pour le niveau d'approfondissement (1= savoir et comprendre, 2=appliquer et analyser, 3=synthétiser et évaluer).

Lorsque le panel s'est prononcé sur la priorisation et le niveau d'approfondissement des savoirs en sciences de l'ingénieur, 3 thèmes sont ressortis très nettement. Sur la Figure 4 : on peut observer qu'il s'agit de la conception, de la connaissance des matériaux et de la thermodynamique.



Figure 4 : Savoirs prioritaires et niveau d'appropriation

Le savoir-faire s'acquiert dans l'action et la réflexion sur l'action. Il se manifeste par des capacités de manipulation, d'observation, de mise en place de dispositifs, de réglage et mise au point qui permettent de mener à bien un certain nombre de tâches. Les questions visaient à déterminer quels savoir-faire sont nécessaires aux jeunes ingénieurs en mécanique, de mettre en évidence éventuellement des priorités et de déterminer le rôle de l'EPFL dans leur enseignement dans un souci d'équilibre entre l'employabilité à court et à moyen terme.

Les opinions du panel quant à l'importance des divers domaines de savoir-faire et son approfondissement recourent ce qui a été observé pour les savoirs. Plus spécifiquement, l'analyse quantitative des réponses au questionnaire relatives aux savoir-faire en science de l'ingénieur a abouti au classement des thèmes selon l'ordre de priorité suivant :

- (g) Méthodologie de résolution de problèmes
- (i) Gestion et conduite de projets collaboratifs
- (l) Méthodologie de conception
- (o) Techniques de présentation orale
- (h) Gestion et conduite de projets individuels
- (p) Techniques de présentation écrite
- (a) Techniques de mesure
- (b) Planification et conduite d'expériences
- (e) Techniques de simulation
- (j) Méthodologie et principes de modélisation et de calcul numériques
- (c) Méthodologie de programmation
- (q) Techniques de recherche documentaire (littératures, articles, brevets, specs, ...)
- (m) Maîtrise d'outils spécifiques de CAD-CAM
- (n) Méthodes du Systems Engineering
- (f) Maîtrise de logiciels spécifiques de simulation
- (d) Maîtrise de langages spécifiques de programmation
- (k) Maîtrise de logiciels spécifiques de modélisation et de calcul

Le terme « savoir-être » regroupe les différentes attitudes, façons de penser et d'aborder des problèmes ainsi que le sens des valeurs qu'un individu acquiert dans sa formation. L'enseignement intègre intentionnellement ou non une composante de savoir-être. L'objectif des questions était de déterminer les savoir-être nécessaires aux jeunes ingénieurs en mécanique, d'y introduire un ordre de priorité et de déterminer le rôle de l'EPFL dans leur enseignement. Les savoir-être sont

transversaux aux disciplines définies en introduction (Figure 2 :). Ils peuvent se développer et s'exercer dans chacune de ces disciplines. L'analyse des réponses a permis de les classer par ordre de priorité de la manière suivante :

- Esprit critique et curiosité
- Collaboration et teamwork
- Sens des relations humaines
- Esprit d'innovation et d'entreprise
- Valeurs éthiques et sens des responsabilités

On s'est aussi intéressé à l'attente de la part de l'entreprise au niveau du savoir-être maîtrisé par le jeune ingénieur. Les réponses ont unanimement montré que l'alternative était exclusivement entre les deux propositions suivantes :

- (a) Le savoir-être est absolument nécessaire pour assurer une bonne intégration du jeune ingénieur dans son premier emploi ;
- (b) Le savoir-être est nécessaire, mais avec des efforts le jeune ingénieur pourra l'acquérir lors de son premier emploi.

2.2.2 Les résultats qualitatifs

Un des premiers résultats de l'analyse qualitative est la liste des compétences et leur illustration par les citations de l'enquête.

Tableau 1 – Les compétences de l'ingénieur mécanicien EPFL

| | |
|---|--|
| 1 | Comprendre, s'adapter rapidement et de communiquer avec son environnement professionnel, technologique, écologique et économique |
| 2 | A partir d'une réalité complexe, identifier, modéliser et analyser des problèmes en adoptant une approche scientifique, holistique et multidisciplinaire |
| 3 | Concevoir et mettre en œuvre des solutions innovantes, efficaces et durables dans une perspective d'entreprise et/ou de recherche |
| 4 | Agir en professionnel(le) responsable |

Le tableau ci-dessous reprend à titre d'illustration une composante de la compétence 1 et quelques citations qui ont conduit à leur définition.

Tableau 2 – Illustration d'une compétence et composantes

| Compétence 1 – composante 1.1 | Citations |
|---|--|
| 1. Comprendre, s'adapter rapidement et communiquer avec son environnement professionnel, technologique, écologique et économique | <i>comprendre d'un point de vue scientifique et analytique le monde qui nous entoure</i> P 2: A-Savoir-2.txt - 2:19 [(41:41) <i>L'ingénieur doit être capable de s'adapter à son environnement et comprendre les métiers qui peuvent exister au sein d'une entreprise</i> P 2: A-Savoir-2.txt - 2:7 (15:15) |
| C1.1 Apprendre de nouveaux savoirs et développer de nouvelles habiletés. Ceci implique de : Mettre en œuvre des méthodes de recherche pour trouver de l'information pertinente Synthétiser, analyser, abstraire S'exercer et s'entraîner | <i>méthodologie d'apprentissage [] - savoir apprendre</i> P 2: A-Savoir-2.txt - 2:16 (27:32) <i>apprendre lorsque les connaissances font défaut</i> P12: B-Savoir_Faire-14.txt - 12:72 (55:55) <i>l'ingénieur doit savoir où sont les références</i> P 1: A-Savoir-1.txt - 1:24 (37:37) <i>L'analyse de la demande et l'abstraction pour raisonner sur des schémas, des principes, se retrouvent plus souvent chez l'ingénieur EPF</i> P11: B-Savoir_Faire-12-13.txt - |

| | |
|--|---|
| | 11:18 (24:24) <i>développer sa capacité de synthèse</i> P12: B-Savoir_Faire-14.txt - 12:23 (18:18) <i>s'entraîner à apprendre vite (et comprendre vite)</i> P21: C-Savoir_Etre-23.txt - 21:13 (34:35) |
|--|---|

A côté de la contribution à la construction de la liste des compétences, d'autres données intéressantes ont été analysées dans les commentaires du panel de professionnels. Elles concernent leur perception de la formation de l'ingénieur mécanicien à l'EPFL, leurs attentes relativement à cette formation et leur évaluation de l'enquête.

2.3 Conclusion de l'enquête

On retrouve dans la liste des compétences, complétée par leurs composantes, l'image attendue d'un ingénieur scientifique capable de comprendre des situations complexes et de proposer des solutions innovantes à des problèmes technologiques. Cependant l'intérêt de cette liste est qu'elle est mieux structurée et priorisée que si elle avait été produite par compilation. De plus cette définition de l'ingénieur est validée par des avis externes et argumentée.

3. Les étapes de construction du cadre de référence du programme

Le cadre de référence du programme doit décrire les objectifs de la formation des ingénieurs mécaniciens EPFL :

- Au niveau général : quelles sont les compétences attendues pour les ingénieurs mécaniciens EPFL ? Quels sont les liens entre elles ?
- Au niveau des domaines : comment les compétences attendues vont-elles être prises en charge dans chaque domaine de la formation ?
- Au niveau des cours : comment les compétences attendues vont-elles être développées dans les cours ?

3.1 Une première proposition de description du programme

L'équipe de coordination a commencé par proposer une description générale des compétences. Cette description a été entamée sur base des résultats de l'enquête. Suite à l'analyse des données qualitatives, la description de départ a été enrichie et une première liste de compétences a été proposée et discutée dans l'équipe de coordination du projet, et validée par l'organe de gestion de la Section de Génie mécanique.

3.2 Le travail de description par domaine

Après ce travail de construction au niveau général du programme, il s'est agi de préciser comment les compétences attendues sont prises en charge dans chaque domaine de la formation. Des équipes d'enseignants ont été constituées, avec pour chaque domaine (mécanique des fluides, mécanique des solides, biomécanique, automatique et mécatronique, conception et production, énergie) le conseiller pédagogique du domaine (qui a été le délégué par domaine) et les enseignants concernés. Pour préparer ce travail de construction par domaine, un travail préparatoire a été réalisé avec les délégués des domaines. L'objectif était d'articuler les compétences et les thématiques du domaine et de déterminer des acquis d'apprentissage.

Avant de démarrer les séances de travail avec les enseignants, une réunion d'information/discussion a été organisée avec les équipes des domaines pour leur présenter l'état d'avancement du projet et en discuter. Suite à cela, des séances de travail d'une demi-journée par domaine ont été organisées avec chaque équipe de travail/domaine : par ailleurs, des membres des autres équipes étaient également présents pour favoriser une certaine articulation entre les travaux.

Des membres de l'équipe de coordination et du Craft (service de l'EPFL chargé des questions de pédagogie universitaire) ont participé également à ces séances pour assurer la cohérence d'ensemble. Durant ces séances, les enseignants ont travaillé par groupe pour poursuivre la construction du programme : ils ont validé ou proposé des modifications sur base du travail préparatoire réalisé avec le conseiller du domaine. Les résultats de ces séances de travail ont donné lieu à une révision de la formulation de certaines compétences, des composantes et acquis d'apprentissage, à l'ajout de nouveaux acquis. A également été décidée une modification de la structure initiale des documents de description du programme.

Après ces séances de travail, un processus de construction plus détaillé a été proposé aux conseillers des domaines. Ce processus a été pensé de manière collaborative avec un des conseillers volontaires. Des séances de présentation de ce processus ont été organisées avec chaque conseiller. Chaque conseiller s'est alors organisé avec les enseignants de son domaine pour fournir une description des éléments suivants :

- Elaboration des acquis d'apprentissage spécifiques par domaine en articulation avec les compétences ;
- Définition des prérequis aux acquis du domaine ;
- Définition du domaine ;
- Définition de situations professionnelles spécifiques au domaine.

Le processus de construction est toujours en cours et donnera lieu à d'autres publications.

4. Evaluation du processus de construction

4.1 Apports de la participation à la construction

Lors des différents échanges avec les enseignants et notamment à l'occasion des séances de travail « au vert », les enseignants ont fait part d'un certain nombre d'apports dans leur participation à la construction, mettant en évidence que le processus de construction est aussi important que le résultat de la construction même :

- Clarifier comment on se situe par rapport au domaine et par rapport aux collègues ;
- Apprendre la démarche de construction du programme;
- Expliciter l'existant, les possibilités d'intégration des acquis qui ne sont pas explicitées jusque maintenant dans le plan d'étude.

4.2 Difficultés

Un certain nombre de difficultés sont également apparues. Des solutions ont été trouvées pour certaines d'entre elles. Voici certaines de ces difficultés :

- Le temps pour entrer dans la démarche ;
- Faire le lien avec ce à quoi on doit arriver in fine au niveau de son cours : facilité par la présentation d'une fiche de cours présentée par un des enseignants, qui avait déjà initié une réflexion sur les acquis d'apprentissage ;
- Le morcellement occasionné par des thématiques pour les savoirs de base ;
- Le caractère multidimensionnel du référentiel (compétence, savoirs, académique/professionnel, interaction entre les domaines) ;
- La mise en cause des pratiques ;
- La coordination qui apparaît comme fondamentale pour la réussite de ce projet ;

5. Conclusion et perspectives

Ce projet de la Section de Génie Mécanique est un projet pilote pour l'EPFL. Il est donc important de pouvoir continuer à décrire au mieux le processus de construction ainsi que l'évaluation que nous en faisons.

Par ailleurs, un certain nombre de questions se posent actuellement et seront à traiter dans la suite du projet :

- Comment construire le nouveau plan d'étude sur base de ce cadre de référence ? Quelles priorités ? Quelles stratégies ?
- Comment les compétences vont être évaluées ?
- Comment faire adhérer les étudiants ?
- Quel retour faire au monde professionnel et plus particulièrement aux participants à l'enquête ?

Enfin, cette démarche sera réalisée en collaboration avec des collègues d'autres institutions confrontés aux mêmes défis. Une réflexion critique sur le concept de compétence et à propos des impacts de ce type d'approche sur les pratiques d'enseignement sera menée.

6. Références

ASCE (2008). *Civil Engineering Body of Knowledge for the 21st Century. Preparing the Civil Engineer for the Future*. Rapport. Reston, Virginia: ASCE.

Le Boterf, G. (2006). *Ingénierie et évaluation des compétences*. Paris: Éditions d'organisation.

Tardif, J. (1999). *Le transfert des apprentissages*. Montréal: Éditions Logiques.