

L'apprentissage par problèmes et par projets en ingénierie : une innovation majeure en génie électrique et informatique à Sherbrooke

Philippe Mabillean, ing., Ph. D., professeur au Département de
génie électrique et de génie informatique à l'Université de
Sherbrooke

La démarche

- Une vision programme
 - Conception du programme à partir des objectifs finaux de formation
- Une approche pédagogique centrée sur l'apprenant
 - L'étudiant au centre de son apprentissage
- Un changement de paradigme
 - Nouveau rôle du professeur

Sommaire : Réinventer la formation des ingénieurs

- Des programmes bâtis sur le développement de compétences
- Les problèmes et les projets
- La structure des programmes
- La structure d'une session
- L'APP au jour le jour
- Les forces et les défis

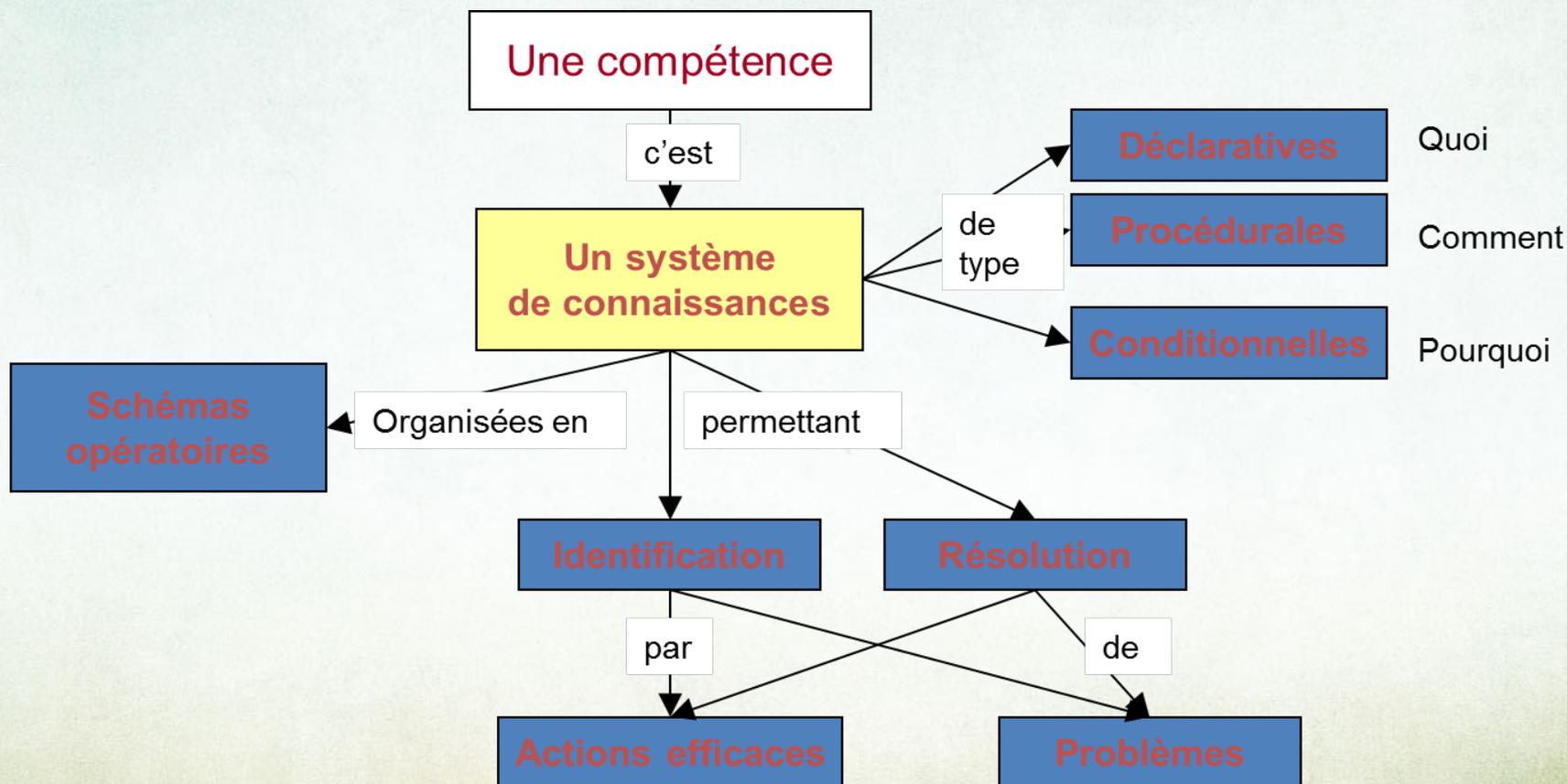
Historique

- Fin 1990 - Évaluation périodique des programmes
 - Constats
 - Participation aux activités, abondance de matériel électronique etc...
 - Décision d'innover
 - Fondations reposant sur les compétences
 - Apprentissage actif par problèmes et par projets
 - Inspiration du programme de médecine à Sherbrooke
- Début 2000 – Conception des nouveaux programmes
 - Redéfinition complète des programmes et de toutes les activités
 - Coût = 1 cohorte supplémentaire environ
- Automne 2001 – Admission dans les nouveaux programmes
 - Mise en place en mode « PipeLine »
- Automne 2005 – Premiers finissants dans les nouveaux programmes

Des programmes bâtis sur le développement de compétences

- Compétences terminales des programmes
 - Attendues d'un ingénieur
 - ± Qualités requises des diplômés (BCAPG)
- Compétences scientifiques
 - Mathématiques
 - Sciences fondamentales
 - Sciences de l'ingénieur
- Compétences en conception
 - Gestion de projets
 - Planification
 - Exécution
 - Suivi
- Compétences professionnelles et personnelles
 - Travail en équipe – relations humaines
 - Communication
 - Auto évaluation - auto formation

Une compétence c'est ...



Développer les compétences d'un ingénieur

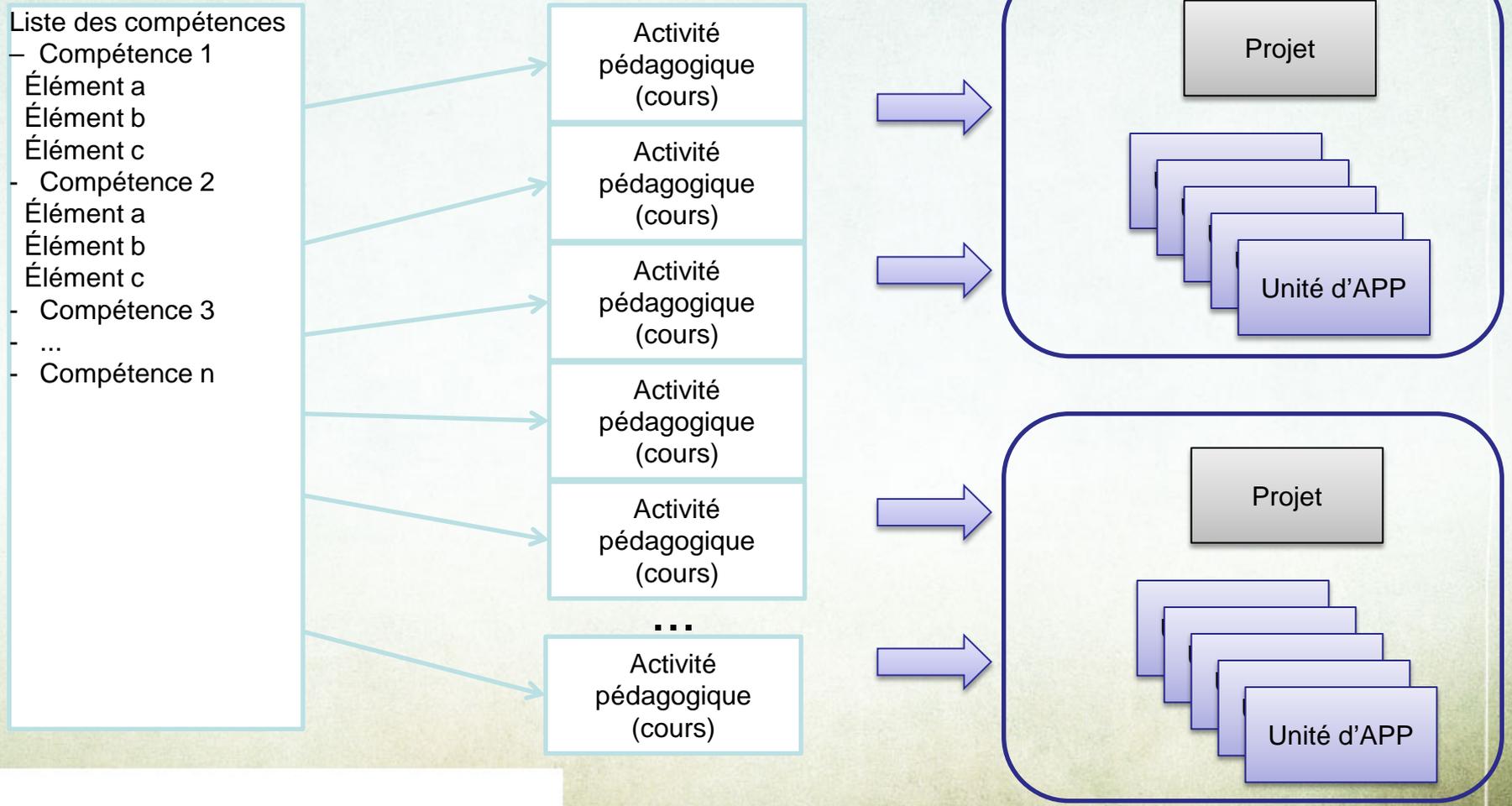
Un ingénieur est quelqu'un appelé à résoudre des problèmes de nature technologique, concrets et souvent complexes, liés à la conception, à la réalisation et à la mise en œuvre de produits, de systèmes ou de services

- La meilleure façon de l'apprendre est de le faire
...
... d'où l'apprentissage par problèmes et par projets

Des compétences aux problèmes et aux projets

- Projection du corpus de compétences vers les activités du programme
- Compétences subdivisées en éléments de compétence
 - 1 élément de compétence = 1 crédit
- Projection vers des activités pédagogiques autour d'unités d'apprentissage par problème et de projets
 - Les activités pédagogiques sont la partie visible au niveau administratif

Projection des compétences vers les programmes



Les problèmes et les projets sont complémentaires

Apprentissage par Problèmes

- Apprentissage individuel
- Apprentissage collaboratif
- Problèmes authentiques durée limitée (2 semaines)
- Évaluation principalement individuelle
- Développe des compétences en ingénierie

Apprentissage par Projets

- Travail d'équipe
- Apprentissage coopératif
- Projets majeurs de durée relativement longue (1 session, 2 sessions pour le projet final)
- Une part de l'évaluation est pour l'équipe, une partie d'évaluation par les pairs
- Vise particulièrement des compétences de conception

Structure des programmes

- Alternance stage-étude

1 ^{re} année			2 ^e année			3 ^e année			4 ^e année			5 ^e
AUT	HIV	ÉTÉ	AUT	HIV	ÉTÉ	AUT	HIV	ÉTÉ	AUT	HIV	ÉTÉ	AUT
S-1	S-2	T-1	S-3	T-2	S-4	S-5	T-3	S-6	T-4	S-7	T-5	S-8

1 ^{re} année			2 ^e année			3 ^e année			4 ^e année			5 ^e
AUT	HIV	ÉTÉ	AUT	HIV	ÉTÉ	AUT	HIV	ÉTÉ	AUT	HIV	ÉTÉ	AUT
S-1	S-2	T-1	S-3	T-2	S-4	T-3	S-5	S-6	T-4	S-7	T-5	S-8

Une session d'étude

- Construite autour d'un thème
 - systèmes électroniques, systèmes téléinformatiques, électronique embarquée etc...
- 6 à 7 unité d'apprentissage par problème
- 1 projet de conception



Une unité d'APP

- Ensemble d'activités
 - Encadrées et non-encadrées
 - Mais bien définies
 - En groupes
 - De 10 à 15 étudiants ou de 30 à 50 étudiants environ selon la nature de l'activité
- Organisées autour de la résolution d'un problème qui
 - Provoque l'intérêt
 - Requier des prises de décision
 - Est suffisamment complexe
 - Est partiellement fondé sur des connaissances antérieures
 - Englobe les objectifs d'apprentissage
 - Est authentique

En pratique: horaire type - unité de 2 semaines

Lundi Mardi Mercredi Jeudi Vendredi

Semaine 1

Tutorat	Étude	Formation procédurale	Rétroaction	Revue de projets
Étude	Séminaire	Formation Laboratoire	Étude	Travail avec support
	Étude		Travail collaboratif	

Semaine 2

Formation procédurale	Étude	Étude	Projets	Étude
Étude	Validation de la solution	Tutorat	Consultation	Évaluation sommative
		Évaluation Formative	Travail en laboratoire	

Petit groupe de 10 étudiants Groupe de 50 étudiants

Le tutorat d'ouverture

- Lecture individuelle – formulation initiale du problème
- Lecture systématique – indices et mots clefs - reformulation
- Interaction avec le tuteur – validation des connaissances antérieures – identification des hypothèses et pistes de solution
- Identification des connaissances nouvelles à acquérir
- Priorisation des hypothèses de solution
- Revue des connaissances nouvelles
- Retour en groupe sur l'unité antérieure avec l'intendant
- Rôles: scribe (notes), secrétaire (au tableau), intendant

Le procédural

- Le formateur propose un ensemble d'exercices à réaliser en groupe collaboratif
- Les exercices visent à rendre opérationnelles les connaissances dans des contextes choisis pour cibler des connaissances spécifiques
- Exercices planifiés et minutés
- Les solutions sont apportées par le groupe et validées par le formateur
- Il n'y a pas de corrigé distribué...
- Deux occurrences par unité

Le laboratoire

- Développe des connaissances opérationnelles pratiques requises
- Comprend des exercices pratiques choisis
- Est réalisé individuellement ou en petite équipe
- Permet de valider une solution pratique de la problématique s'il y a lieu
- Deux occurrences par unité

Le tutorat de clôture

- Le scribe rappelle la formulation et les hypothèses de solution
- Le tuteur questionne, confronte et valide les connaissances acquises
- On valide son schéma de concept
 - Construction collective d'un réseau de concepts
- On valide les connaissances conceptuelles, on décontextualise
- Bilan en groupe sur les apprentissages réalisés et les stratégies d'apprentissage

Les évaluations

- Évaluation non normative
 - Validation de l'atteinte des compétences
- Formes multiples
 - Individuelle : Examens théoriques, examens pratiques
 - En équipe : Rapports de solution et livrables, démonstration de la solution
- Une évaluation formative pour autoévaluation
- Une évaluation sommative et un examen final
- Introduction d'évaluations critériées
 - Validation de la solution
 - Échelle d'atteinte pour un critère / Indicateurs descriptifs
 - Lien avec les qualités du BCAPG
- Plusieurs éléments de compétences sont évalués distinctement et doivent être démontrés à un niveau déterminé
- Une validation supplémentaire peut être exigée après la fin de la session pour quelques éléments de compétence non démontrés

Les projets

- Représentent globalement 20 % du programme
 - $2+2+2+2+3+3+12 = 26$ crédits sur 120
- 1 par session pour les sessions S1 à S6
 - Une journée par semaine environ (3 crédits)
 - Revue de projet avec le tuteur
 - Travail technique encadré
 - Équipes de 8 étudiants environ
 - Formules variées au niveau du mandat
 - Imposé
 - Proposé par les étudiants dans le cadre d'une architecture donnée
 - Évaluation
 - Livrables
 - Présentation devant jury
- 1 projet final majeur en S7 et S8
 - 2 jours/semaine pendant 2 sessions (2 x 6 crédits)
 - Client externe
 - Activité de présentation des projets au public

La dernière année

- Sessions S7 et S8
 - Des blocs de spécialisation
 - 2 parmi un choix d'une quinzaine environ
 - Un projet majeur de conception
 - Visibilité importante
- Un passage accéléré aux études supérieures
 - Cheminement intégré baccalauréat-maîtrise
 - Maîtrise de type cours
 - Spécialisation plus poussée
 - 1 bloc supplémentaire + gestion de projets
 - 2 ou 3 sessions supplémentaires après le bac
 - Maîtrise de type recherche
 - Accès au doctorat et aux carrières en recherche
 - Après 2 ans en moyenne

Les bénéfices

- Pour les étudiants
 - Autonomie renforcée
 - Observée dès le stage T1
 - Encadrement réduit
 - Motivation importante
 - Surtout dans les projets
 - Engagement considérable pour certains
 - Expérience en projet
 - 7 au total dont 1 majeur
 - Projets finaux parfois impressionnants
 - Auto électrique

Les défis

- Faire travailler les professeurs en équipe
- Maintenir la passion du corps enseignant
 - Stimulation pour faire évoluer
 - Les contenus
 - Les problématiques
- Éviter les dérives vers un retour au passé
 - Cloisonnement des unités
 - Leçons magistrales pour assurer une illusion de passage des contenus
- Maintenir un équilibre dans la tâche du professeur
- Éviter une dérive minimaliste (stratégique) de la part des étudiants